

Excel-tillämpning för dimensionering av träkonstruktioner

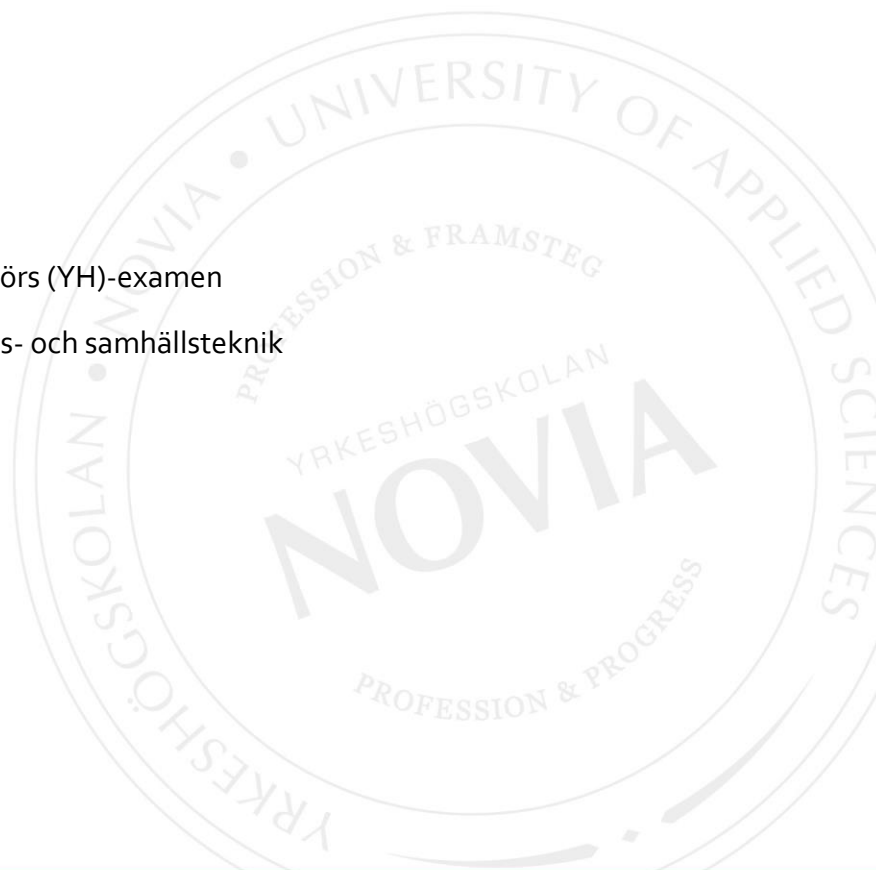
Dimensionering av småhus

Marie-Louise Linman

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2018



EXAMENSARBETE

| | |
|------------------------|----------------------|
| Författare: | Marie-Louise Linman |
| Utbildning och ort: | Byggnadsteknik, Vasa |
| Inriktningsalternativ: | Byggnadskonstruktion |
| Handledare: | Allan Andersson |

Titel: Excel-tillämpning för dimensionering av träkonstruktioner
– Dimensionering av småhus

Datum: 22.04.2018

Sidantal: 41

Bilagor: 2

Abstrakt

Examensarbetet gjordes som ett beställningsarbete för Mathias Smeds Ingenjörbyrå och syftet var att skapa en tillämpning med vilken beräkningar av konstruktioner kunde utföras på ett snabbt och enkelt sätt. Tillämpningen har gjorts i programmet Excel 2016. Utöver Excel-tillämpningen har även en manual gjorts för att underlätta användandet av tillämpningen.

Examensarbetet behandlar dimensioneringen av träkonstruktioner i småhus, texten är uppdelad i sex delar. Inledningsvis berättas om examensarbetets bakgrund och avgränsningar. I de två följande delarna behandlas trä och träprodukter. Både för- och nackdelar med trä som byggnadsmaterial tas upp samt de vanligaste träprodukterna i Finland. Följande kapitel behandlar de beräkningar som står till grund för den Excel-tillämpning som skapats i samband med detta examensarbete. De två avslutande delarna tar upp examensarbetets resultat och möjligheter till utveckling. Excel-tillämpningens manual finns som bilaga.

Språk: svenska

Nyckelord: eurokod, träkonstruktion, Excel

OPINNÄYTETYÖ

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Tekijä: | Marie-Louise Linman |
| Koulutus ja paikkakunta: | Rakennustekniikka, Vaasa |
| Suuntautumisvaihtoehto: | Rakennesuunnittelu |
| Ohjaaja: | Allan Andersson |

Nimike: Puurakenteiden mitoitus Excel-sovelluksessa – pientalojen mitoitus

Päivämäärä: 22.04.2018

Sivumäärä: 41

Liitteet: 2

Tiivistelmä

Opinnäytetyö tehtiin tilaustyönä insinööritoimisto Mathias Smedsille ja tavoitteena oli tuottaa sovellus, jolla rakenteiden laskemisen voisi toteuttaa nopealla ja yksinkertaisella tavalla. Sovellus on tehty ohjelmalla Excel 2016. Excel-sovelluksen lisäksi on tehty manuaali, joka helpottaa sovelluksen käyttämistä.

Opinnäytetyö käsittelee puurakenteiden mitoitusta pientaloissa. Teksti on jaettu kuuteen osaan. Aluksi kerrotaan opinnäytetyön taustasta ja rajauksista. Kahdessa seuraavassa osassa kerrotaan puusta ja puutuotteista. Käydään läpi edut ja haittapuolet koskien puuta rakennusmateriaalina sekä nostetaan esille tavallisimmat puutuotteet Suomessa. Seuraavassa jaksossa käsitellään laskelmia, jotka ovat pohjana opinnäytetyön Excel-sovellukselle. Kahdessa viimeisessä jaksossa pohditaan opinnäytetyön tulosta ja kehitysmahdollisuutta. Excel-sovelluksen manuaali löytyy liitteenä.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: eurokoodi, puusuunnittelu, Excel

BACHELOR'S THESIS

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| Author: | Marie-Louise Linman |
| Degree Programme: | Construction Engineering, Vaasa |
| Specialization: | Structural Engineering |
| Supervisor: | Allan Andersson |

Title: Excel Application for Designing Timber Constructions
– Designing of Self-contained Houses

Date: April 22, 2018

Number of pages: 41

Appendices: 2

Abstract

This Bachelor's thesis was made as a commissioned work for engineering firm Mathias Smeds and its purpose was to create an application which would allow one to calculate constructions in a fast and sufficient way. The application was made in Excel 2016. In addition to the Excel application a manual has been created to make the use of the application easier.

The thesis deals with design of timber structures in self-contained houses, the text is divided into six parts. By way of introduction the thesis deals with its background and its limitations. The two following parts deals with wood and wooden products. Both the woods pros and cons are dealt with as well as the most common wooden products in Finland. The part that follows deals with the calculations that is the foundation for the Excel application that has been created during this thesis work. The two finishing parts deals with the results of this thesis and the possibilities for development. The manual for the Excel application is found as an attachment to this work.

Language: swedish

Key words: eurocode, timber structures, Excel

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 1.1 | Beställare och bakgrund..... | 1 |
| 1.2 | Syfte och målsättning..... | 1 |
| 1.3 | Metodval | 1 |
| 1.4 | Avgränsningar | 2 |
| 1.5 | Disposition | 2 |
| 2 | Materialegenskaper..... | 3 |
| 2.1 | Finlands skogar | 3 |
| 2.2 | Trä som byggnadsmaterial | 3 |
| 2.2.1 | Fördelar med trä som byggnadsmaterial | 3 |
| 2.2.2 | Nackdelar med trä som byggnadsmaterial..... | 4 |
| 2.3 | Träets hållfasthet..... | 5 |
| 2.3.1 | Visuell hållfasthetssortering | 6 |
| 2.3.2 | Maskinell hållfasthetssortering..... | 6 |
| 2.3.3 | Sorteringsklasser | 6 |
| 3 | Träprodukter | 8 |
| 3.1 | Konstruktionsvirke..... | 8 |
| 3.1.1 | Hållfasthetsklasser | 8 |
| 3.1.2 | Storlekar | 9 |
| 3.2 | Limträ..... | 11 |
| 3.2.1 | Hållfasthetsklasser | 11 |
| 3.2.2 | Storlekar | 12 |
| 3.3 | Fanerträ (LVL)..... | 12 |
| 3.3.1 | Hållfasthetsklasser | 12 |
| 3.3.2 | Storlekar | 13 |
| 4 | Dimensionering enligt Eurokod | 14 |
| 4.1 | Gränstillstånd..... | 14 |
| 4.2 | Kombinationsfaktorer | 16 |
| 4.3 | Lastvarighetsklasser och klimatklasser | 16 |
| 4.4 | Konsekvensklasser | 18 |
| 4.5 | Snölast | 19 |
| 4.6 | Vindlast..... | 22 |
| 5 | Resultat | 28 |
| 5.1 | Excel-tillämpningen..... | 28 |
| 5.1.1 | Ingångssida | 28 |
| 5.1.2 | Utgångsdata | 29 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 5.1.3 | Hållfastheter | 30 |
| 5.1.4 | Utnyttjandegrader | 30 |
| 5.1.5 | Fliken Data | 31 |
| 5.1.6 | Fliken Uppdateringar | 31 |
| 5.2 | Manualen | 32 |
| 6 | Sammanfattning och diskussion..... | 32 |
| 6.1 | Vidareutveckling..... | 32 |
| | Källförteckning | 33 |

Bilagor

- Bilaga 1 Användarmanual för Excel-tillämpning
- Bilaga 2 Lista över orters karakteristiska snölast på mark

Figurförteckning

| | |
|---|----|
| Figur 1. Exempel på kvalitetsklassernas utseende för furu (Puuinfo, 2016) | 7 |
| Figur 2. Exempel på kvalitetsklassernas utseende för gran (Puuinfo, 2016) | 7 |
| Figur 3. Homogent och kombinerat limträ. | 11 |
| Figur 4. Markytans snölaster, S_k (RIL, 2017) | 20 |
| Figur 5. Formfaktor μ_i för snö på tak (RIL, 2017) | 20 |
| Figur 6. Formfaktorer för snölast på flernivåtak/tak intill högre byggnadsverk (RIL, 2017) | 21 |
| Figur 7. Zonindelning och beteckningar för vertikala väggar (fig. 7.5. EN1991-1-4) .. | 24 |
| Figur 8. Zonindelning för sadel- och motfallstak (fig. 7.8. EN1991-1-4) | 25 |
| Figur 9. Vindtryck enligt byggnadens höjd över markytan i olika terrängzoner (RIL, 2017) | 26 |
| Figur 10. Terrängtyper och deras beskrivning (Boverket, 2010) | 27 |
| Figur 11. Flödesschema för tillämpningen. | 28 |
| Figur 12. Ingångssida och flik för dimensionering av ytterväggsreglar | 29 |
| Figur 13. Exempel på utgångsdata från Excel-tillämpning | 29 |
| Figur 14. Exempel på hållfastheter från Excel-tillämpningen | 30 |
| Figur 15. Exempel på utnyttjandegrader från Excel-tillämpningen | 31 |

Tabellförteckning

| | |
|--|----|
| Tabell 1. Sorteringsklassernas användningsändamål (Siikanen, 2016) | 8 |
| Tabell 2. Hållfasthetsklasser enl. EN 338 och INSTA 142 (Siikanen, 2016) | 9 |
| Tabell 3. Standardmått för sågat virke (Puuinfo, 2016) | 10 |
| Tabell 4. Standardmått för dimensionerat virke (Puuinfo, 2016) | 10 |
| Tabell 5. Standardmått för hyvlat virke (Puuinfo, 2016) | 10 |
| Tabell 6. Standardmått för limträ (Puuinfo, 2016) | 12 |
| Tabell 7. Standardmått för kluvet limträ (Puuinfo, 2016) | 12 |
| Tabell 8. Standardmått för Kerto-S (MetsäWood, 2016) | 13 |
| Tabell 9. Standardmått för Kerto-Q (MetsäWood, 2016) | 13 |
| Tabell 10. Kombinationsfaktorer (RIL, 2017) | 16 |
| Tabell 11. Lastvarighetsklasser (RIL, 2017) | 17 |
| Tabell 12. Klimatklasser (RIL, 2017) (Svenskträ, 2018) | 17 |
| Tabell 13. Modifieringsfaktor k_{mod} (RIL, 2017) | 17 |
| Tabell 14. Konsekvensklasser (RIL, 2017) | 19 |
| Tabell 15. Rekommenderade värden för olika topografier (RIL, 2017) | 22 |
| Tabell 16. Rekommenderade formfaktorer för utvändig vindlast för vertikala väggar på byggnader med rektangulär form (tab. 7.1 EN1991-1-4) | 24 |
| Tabell 17. Rekommenderade formfaktorer för utvändig last på sadel- och motfallstak (tab. 7.4a EN1991-1-4) | 26 |

1 Inledning

Examensarbetet är gjort inom yrkeshögskolan Novia som ett beställningsarbete åt Mathias Smeds Ingenjörbyrå, arbetet omfattar 15 studiepoäng. Examensarbetet innefattar en textdel och en Excel-tillämpning med tillhörande användarmanual. I texten som följer tas inledningsvis arbetets bakgrund upp, följt av en teoretisk del och slutligen en del om utförandet och resultatet.

1.1 Beställare och bakgrund

Mathias Smeds Ingenjörbyrå står som beställare till detta examensarbete. Företaget grundades 1996 och har idag mellan 10 och 15 anställda beroende på säsong. Företagets koncept är att man från ett och samma ställe ska kunna få alla de tjänster som behövs i byggnadsprocessen, därför består de anställda av allt från kontorspersonal som har hand om planering och administration till byggnadsarbetare och målare som förverkligar det som planerats. Kontoret är beläget i Vasa. Ingenjörbyrån är verksam främst i Österbotten men har även projekt runtom i övriga Finland.

Möjligheten att göra mitt examensarbete för företaget kom på tal under min företagsförlagda utbildning. Företaget var i behov av en beräkningstillämpning som kunde användas till enkla konstruktioner i småhus.

1.2 Syfte och målsättning

Målet för examensarbetet var att skapa en Excel-tillämpning som är användbar vid dimensionering av träkonstruktioner i småhus. Tillämpningen ska fungera som ett hjälpverktyg vid framtagning av det tvärsnitt som lämpar sig till den tänkta konstruktionen. Ur tillämpningen ska även finnas möjligheten att skriva ut beräkningarna som tillämpningen utfört.

1.3 Metodval

Beräkningarna som ligger till grund för Excel-tillämpningen har baserats på Eurokod SFS EN1995-1-1:2004 samt den nationella bilagan NA(FI)2016. Utöver det har även dimensioneringsanvisningen RIL205-1-2017 och Eurokod SFS-EN1991-1:2002 med tillhörande nationell bilaga NA(FI)2016 används som hjälp vid beräkningarna.

Programmet Microsoft Excel 2016 valdes eftersom det lämpar sig väl till denna typ av tillämpning och det är ett program som företaget redan använder. För att underlätta framtagandet av tillämpningen har även PTC Mathcad Prime 3.1 använts vid framtagningen av beräkningarna eftersom det ger en överskådlig helhet. Dessutom fungerar Mathcad filen som en kontroll fil när beräkningarna läggs in i Excel. Graphisoft Archicad 21 har använts för att skapa 3D bildförklaringar till tillämpningen.

1.4 Avgränsningar

Från företagets sida fanns önskemål om att få en tillämpning där både trä och stål ingick, men tillämpningen och då även examensarbetet avgränsades till enbart trä. Tillämpningen tar upp de vanligaste konstruktionerna som kan förekomma i småhus.

Takstolar och dylikt tas inte upp i tillämpningen eftersom företaget föredrar att beställa dem komplett med beräkningar från ett utomstående företag. Tillämpningen tar inte heller upp vibrationsdimensionering för mellanbjälklag eftersom puuinfo redan har en fungerande Excel-tillämpning för ändamålet.

1.5 Disposition

Examensarbetet är indelat i sex huvudkapitel. Det första kapitlet tar upp arbetets utformning och utgångsinformation. Därefter följer två kapitel som behandlar träets materialegenskaper och olika träprodukter. Följande kapitel tar upp dimensionering enligt Eurokod. Arbetets två sista kapitel tar upp examensarbetets resultat och diskussion. I resultatet tas Excel-tillämpningen upp.

2 Materialegenskaper

Inledningsvis behandlar detta kapitel trä som material med både dess fördelar och nackdelar. Träets hållfasthet och hur man går till väga för att bestämma hållfastheten behandlas samt de sorteringsklasser som virket delas in i.

2.1 Finlands skogar

Det europeiska land som till ytan består av mest skog är Finland, med sina 71,6 %. Finlands skog består av tallar 50 %, granar 30 %, björkar 16 % (varav 12 % är glasbjörk och 4 % är vårtbjörk) och övriga trädslag står för 4 %. (Metla, 2013) Barrträden utgör med andra ord den största delen av Finlands skog. Barrträden används främst som råmaterial inom sågverksindustrin, cellulosaindustrin och byggnadsindustrin, medan lövträden används som råmaterial inom möbelindustrin och fanerindustrin. De flesta träkonstruktionerna i Finland baserar sig på barrträd. (Siikanen, 2016)

2.2 Trä som byggnadsmaterial

Historiskt sett är trä vårt viktigaste byggnadsmaterial. Under mitten av 1900-talet minskade dock användningen av trä eftersom nya byggnadsmaterial (tegel, lättbetong, betong och stål) började användas. Speciellt i höghus värderades brandsäkra byggnadsmaterial så som betong över trä. 1967 var endast 26 % av våra byggnader gjorda av trä, men i dagens läge är nästan 40–50 % av våra byggnader gjorda av trä. Ökningen beror delvist på att vi blivit mera miljömedvetna på senare år och att vi börjat använda trä till större konstruktioner. (Siikanen, 2016)

2.2.1 Fördelar med trä som byggnadsmaterial

Fördelarna med trä som byggnadsmaterial är många och speciellt för ett land som Finland. Här följer några av de mest väsentliga fördelarna:

Miljö – Byggnadsbranschen står för den största användningen av råvaror inom Europa, nästan 50 %. Dessutom kommer 40–50 % av Europas avfall från byggnadsbranschen. Jämfört med andra byggnadsmaterial har trä större miljöfördelar. (Puuinfo, 2016) De största fördelarna ur ett miljöperspektiv är att trä är en förnybar resurs som dessutom binder koldioxid när det växer. Dessutom krävs det ingen stor energiinsats för att avverka träden, materialet kräver inte heller någon deponering när konstruktionerna ska rivas. I Finland och

Europa växer mera skog än vad som avverkas. Ifall användningen av trä skulle ökas inom byggnadsbranschen skulle det medföra att råvaror som inte kommer från en förnybar resurs så som betong och stål skulle minska och på så vis skulle koldioxidutsläppen minska. (Träguiden, 2003)

Vikt – Konstruktioner i trä har en mycket lägre vikt än t.ex. betong eller stål. Vikten av ett trähus utgör endast 12,5–20 % av motsvarande hus i betong. Speciellt limträ har en mycket hög hållfasthet jämfört med vad det väger. (Puuinfo, 2016)

Mångsidighet – Trä har ett väldigt brett användningsområde, inte bara inom byggnadsbranschen men även inom cellulosaindustrin och möbelindustrin. Trä som byggnadsmaterial kan användas tillsammans med olika komponenter för att skapa ändamålsenliga produkter med hög hållfasthet, värmeisolering, fuktisolering och bra brandmotstånd. (Svenskträ, 2018)

Ekonomi – Av skogsindustrins produkter används en betydande del av byggnadsbranschen. I och med att Finland har en så stor skogsindustri behöver vi inte importera och tjänar på att använda oss av inhemska material. Trä som material är ofta ett ekonomiskt fördelaktigt val eftersom en stor del av byggnadsmaterialets pris har höjts under de senaste åren. (Puuinfo, 2016)

Hållbarhet – Förutsatt att träkonstruktionerna gjorts på rätt sätt är hållbarheten och livslängden lång för trä. Med trä kan man uppnå en hög hållfasthet och bibehålla en lägre total vikt för konstruktionen jämfört med andra byggnadsmaterial, exempelvis betong och stål. (Puuinfo, 2016)

2.2.2 Nackdelar med trä som byggnadsmaterial

Som med alla material har även trä sina nackdelar. Här följer några av de mest väsentliga nackdelarna:

Hållfasthet – Fastän trä har bra egenskaper beträffande hållfasthet kan det vara svårt att bestämma hållfastheten för trä eftersom det är ett så föränderligt material. I kapitel 2.3. Träets hållfasthet tas detta upp närmare. (Siikanen, 2016)

Skadeangrepp – Virket kan under fuktiga förhållanden, det vill säga exponering av en hög relativ ånghalt i luften $RH > 75\%$ kombinerat med en varm omgivning vars temperatur överstiger $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, angripas av diverse skadeangrepp bl.a. mögelsvampar, blånadssvampar,

rötsvampar, bakterier. Mögelsvampar och blånadssvampar får inte virkets cellulosa nedbrutet och kan därmed de inte påverka virkets hållfasthet. Däremot kan ett angrepp av blånadssvampar öka virkets vattenupptagnings förmåga som i sin tur medför en risk för att röta ska kunna utvecklas. Rötsvamparna och bakterierna kan bryta ner virkets cellulosa och kan därmed påverka virkets hållfasthet. (Träguiden, 2003)

Fukt – Som nämndes i föregående punkt kan fukt orsaka diverse skadeangrepp i virket, men en förändring av fuktkvoten bidrar även till att virkets egenskaper och storlek förändras. Virkets hållfasthets- och styvhetsegenskaper är beroende av fukthalten. Desto torrare virke, desto bättre egenskaper uppvisar det. Beroende på om fuktkvoten minskar eller ökar kan virket antingen krympa eller svälla och eftersom trä är ett naturligt material är förändringarna sällan rätlinjiga. Detta leder till inre spänningar som måste beaktas. Väcklingar i konstruktionernas storlek kan ifall de inte beaktas ställa till stora problem. Utöver detta finns det även en risk att virket spricker när det torkas ut. (Borgström, 2016)

Brandbeständighet – Fastän trä förkolnas långsamt (0,5–1,0 mm/min) har betong och stål bättre brandbeständighet. (Svenskträ, 2018)

2.3 Träets hållfasthet

Det är svårare att bestämma hållfastheten för trä jämfört med stål och betong eftersom det är ett så föränderligt material vars hållfasthet påverkas av flera olika faktorer. Trä är ett anisotropt material, vilket betyder att det har olika egenskaper i olika riktningar. Skillnaden mellan styrkan i fiberriktningen och styrkan vinkelrätt mot fiberriktningen är mycket stor. Styrkan påverkas inte bara av fibrernas riktning utan även av virkets densitet, temperaturen, virkets fukthalt och den tid som belastningen verkar. (Borgström, 2016)

Trä är inte ett homogent material, detta betyder att virket kan ha brister, så kallade virkesfel. Det vanligaste virkesfelet är kvistar men även snedfibrighet, sprickor, insektsskador, barkrester, toppbrott, tjurved och röta är vanligt förekommande fel. Träets variationer i egenskaper är svåra att kontrollera eftersom träden är en produkt av naturen och påverkas av både jordmånen och växtplatsen. Till och med inom ett och samma träd kan variationerna vara stora. Därför är det nödvändigt att kontrollera egenskaperna och sortera virket i olika hållfasthetsklasser efter att det avverkats. Sorteringen kan ske genom visuell hållfasthetssortering eller en maskinell hållfasthetssortering. (Borgström, 2016)

2.3.1 Visuell hållfasthetssortering

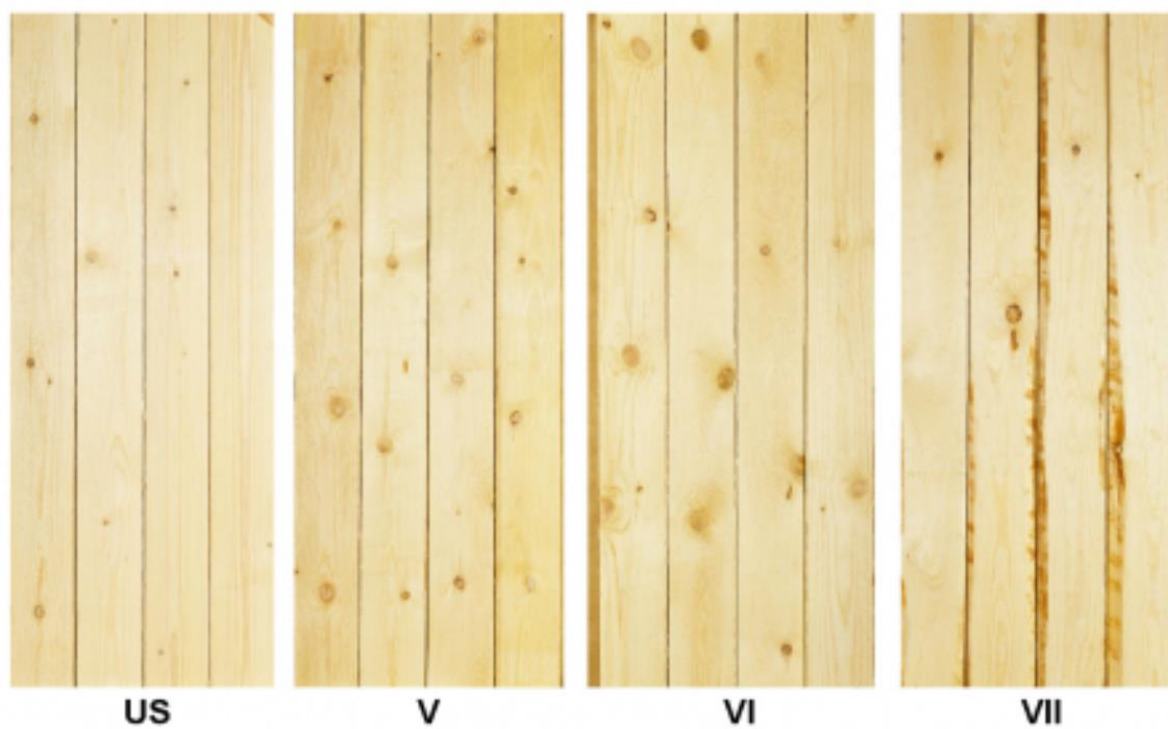
Traditionellt har människor utfört den visuella hållfasthetssorteringen men detta sköts delvist maskinellt idag, vilket minskar slarvfel i sorteringen. I USA lades de första reglerna för visuell hållfasthetssortering fram på 1920-talet och kort därefter på 1930-talet lade flera länder i Europa även de fram regler. (Borgström, 2016) Idag sorteras virket enligt standarden SFS-EN 1611–1 som anger toleranserna för de olika klassificeringarna. (Svenskträ, 2018) Ett problem med den visuella hållfasthetssorteringen var att virket endast bedömdes för de yttre egenskaperna, men idag har sorteringstekniken kompletterats med diverse skanningstekniker. Detta medför sorteringsmetoden blivit mera tillförlitlig. (Borgström, 2016)

2.3.2 Maskinell hållfasthetssortering

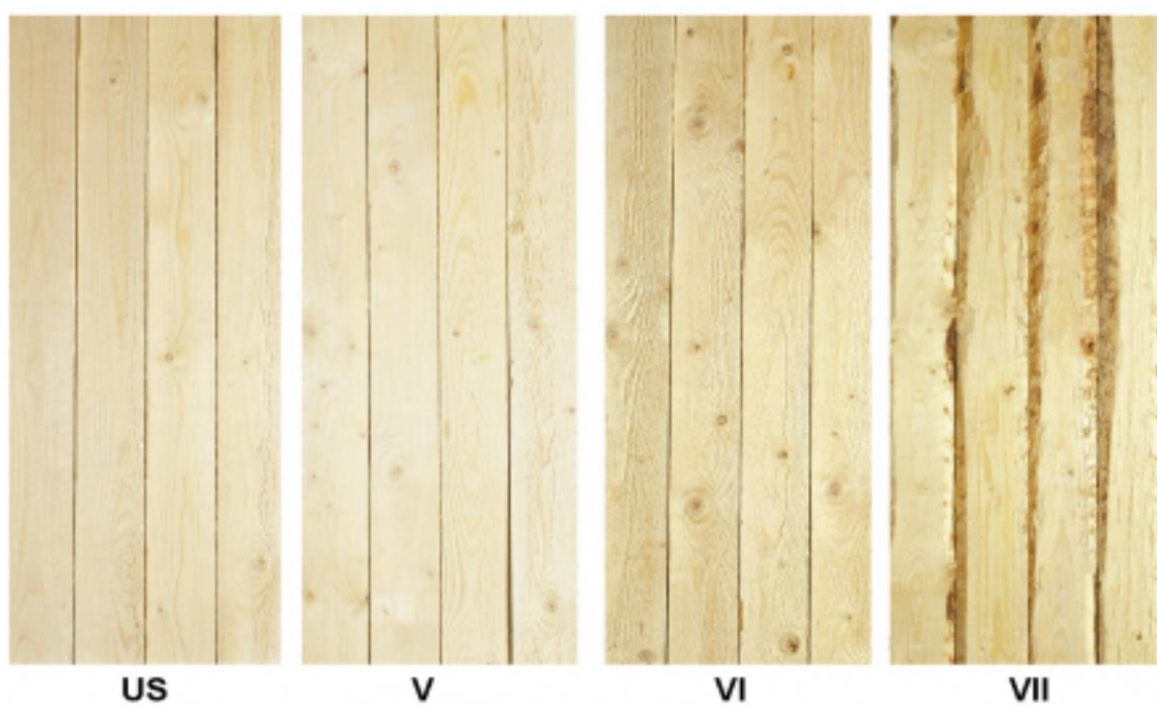
Den maskinella hållfasthetssorteringen togs fram på 1950-talet i USA och Australien för att försöka förbättra sorteringen. Virket åker igenom en maskin som mäter olika parametrar bl.a. elasticitetsmodulen och densiteten och utifrån dessa bestäms hållfastheten. (Borgström, 2016) Virket sorteras enligt standarden SFS-EN 14081–1 som anger toleranserna för de olika klassificeringarna. Den maskinella hållfasthetssorteringen kompletteras med en visuell hållfasthetssortering. (Svenskträ, 2018)

2.3.3 Sorteringsklasser

Virket sorteras i tre kvalitetsklasser: US, V, VI och VII. Klass US delas ytterligare in i fyra underklasser: USI-USIV. Klass US har den bästa kvaliteten och VII har den sämsta. Dessa klasser motsvarar äldre klasserna A, B, C och D enligt: A=US, B=V, C=VI, D=VII. Klass A delas in i de fyra underklasserna A1-A4. Exempel på hur de olika klasserna kan se ut finns i figur 1 och 2. Tabell 1. anger de vanligaste användningsändamålen för de olika sorteringsklasserna. (Puuinfo, 2016)



Figur 1. Exempel på kvalitetsklassernas utseende för furu (Puuinfo, 2016)



Figur 2. Exempel på kvalitetsklassernas utseende för gran (Puuinfo, 2016)

Tabell 1. Sorteringsklassernas användningsändamål (Siikanen, 2016)

| Användningsändamål | A/US | | | | B/V | C/VI | D/VII |
|---|--------|---------|----------|---------|-----|------|-------|
| | A1/USI | A2/USII | A3/USIII | A4/USIV | | | |
| Stomkonstruktioner, takstolar, bärande konstruktioner | | | | • | • | • | |
| Råspont (ytbräder) | | | | | | • | |
| Yttre panel | | | | | • | | |
| Fästningsstöd för yttre panel (underbräder) | | | | | • | • | |
| Trossbottnar | | | | | • | • | |
| Golv | | | • | • | • | • | |
| Panel | • | • | • | • | • | • | |
| Lister | • | • | • | | | | |
| Utvändiga byggen (plank, portar) | | | | | • | • | |
| Formbräder | | | | | | • | • |
| Snickeriprodukter, höga utseende krav | • | • | • | • | | | |
| Fönstersmygar och karmar | | | • | • | • | | |
| Möbler, limskivor | | | | • | • | • | |
| Emballage | | | | | | • | • |

3 Träprodukter

Detta kapitel handlar om några av Finlands vanligaste träprodukter. Kapitlet har avgränsats till de material som används i Excel-tillämpningen.

3.1 Konstruktionsvirke

Virket delas in i sågat virke, sågat virke som spjälks, dimensionerat virke och hyvlat virke. De sågade virket och det sågade virket som spjälks är grovsågat medans det dimensionerade virket grovhyvlas enligt specifika mått för antingen bredden eller höjden. Konstruktionsvirket som hör till dimensionerat virke är grovhyvlat på alla sidor. Och det hyvlade virket hyvlas för att profilerna ska få den önskade måttnoggrannheten och slätheten. Konstruktionsvirke bör uppfylla kraven för standarden SFS-EN 14081-1. (Siikanen, 2016)

3.1.1 Hållfasthetsklasser

Virke från barrträd delas in i hållfasthetsklasserna C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 och C50 enligt standarden SFS-EN 338. Siffran motsvarar materialets

karaktäristiska böjhållfasthet, det vill säga C24 har en karaktäristisk böjhållfasthet på 24 N/mm². Tvärsnittets höjd inverkar på hållfastheten. Ifall en balk utsatt för moment har en höjd mindre än 150mm eller om en stav utsatt för dragkraft har en höjd mindre än 150 mm får böjhållfastheten och draghållfastheten ökas. Klass C14 har den lägsta hållfastheten och C50 har den högsta. Klasserna C14-C30 kan bestämmas genom antingen visuell hållfasthetssortering eller maskinell hållfasthetssortering, medan klasserna C35-C50 endast kan bestämmas genom maskinell hållfasthetssortering. De klasser som är vanligast i Finland är C18, C24, C30, C35 och C40 men C35 och C40 är vanligen beställningsmaterial. (Siikanen, 2016)

Virke från barrträd delas även in i hållfasthetsklasserna T0, T1, T2 och T3 enligt standarden INSTA 142 som gäller för Norden. Klass T0 har den lägsta hållfastheten och T3 har den högsta. Klasserna enligt INSTA 142 har godkänts att motsvara klasserna enligt SFS-EN 338. I tabell 2. är hållfasthetsklasserna enligt EN338 angivna samt dess motsvarighet enligt INSTA 142. (Siikanen, 2016)

Tabell 2. Hållfasthetsklasser enl. EN 338 och INSTA 142 (Siikanen, 2016)

| EN 338 | | INSTA 142 |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Alla hållfasthetsklasser | Finlands vanliga hållfasthetsklasser | Alla hållfasthetsklasser |
| C14 | | T0 |
| C16 | | |
| C18 | C18 | T1 |
| C20 | | |
| C22 | | |
| C24 | C24 | T2 |
| C27 | | |
| C30 | C30 | T3 |
| C35 | C35 | |
| C40 | C40 | |
| C45 | | |
| C50 | | |

3.1.2 Storlekar

Tabellerna 3, 4 och 5 anger standardmått för sågat virke, sågat virke som spjälks, dimensionerat virke och hyvlat virke. Måtten i tabellerna gäller för virke som har en fuktkvot på 20 %. En förändring av fuktkvoten på 4 % motsvarar en ungefärlig förändring på 1 % för virkets tvärsnitt. De vanligaste längderna är mellan 1,8 m-5,4 m med en intervall på 0,3 m. (Finland, 2013)

Tabell 3. Standardmått för sågat virke (Puuinfo, 2016) ⁽¹⁾= I allmänhet furu ⁽²⁾=I allmänhet gran
X=vanliga mått O=mera ovanliga mått

| Bredd [mm] | Höjd [mm] | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 |
| 19 ⁽¹⁾ | | | X | O | O | | | | |
| 22 ⁽²⁾ | X | X | X | X | X | O | O | | |
| 25 ⁽¹⁾ | O | O | X | O | O | O | O | O | |
| 32 | | O | X | O | O | O | O | O | |
| 38 | | | X | X | O | O | O | O | |
| 44 ⁽²⁾ | | | O | O | O | O | O | O | O |
| 50 | | X | X | X | X | X | X | O | |
| 63 | | | O | O | O | O | O | O | |
| 75 | | O | O | O | O | O | X | X | |
| 100 | | | X | O | O | O | O | O | |
| 125 | | | | X | | | | | |
| 150 | | | | | X | | | | |

Tabell 4. Standardmått för dimensionerat virke (Puuinfo, 2016) ⁽¹⁾= I allmänhet furu X=vanliga mått
O=mera ovanliga mått

| Bredd [mm] | Höjd [mm] | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 48 | 66 | 73 | 95 | 98 | 120 | 123 | 145 | 148 | 173 | 198 | 223 | 248 |
| 20 ⁽¹⁾ | | | | X | | X | | X | | | | | |
| 42 | | X | O | | O | | O | | O | O | O | O | |
| 48 | X | X | X | | X | | X | | X | X | X | X | O |

Tabell 5. Standardmått för hyvlat virke (Puuinfo, 2016) ⁽¹⁾= I allmänhet furu ⁽²⁾=I allmänhet gran
X=vanliga mått O=mera ovanliga mått

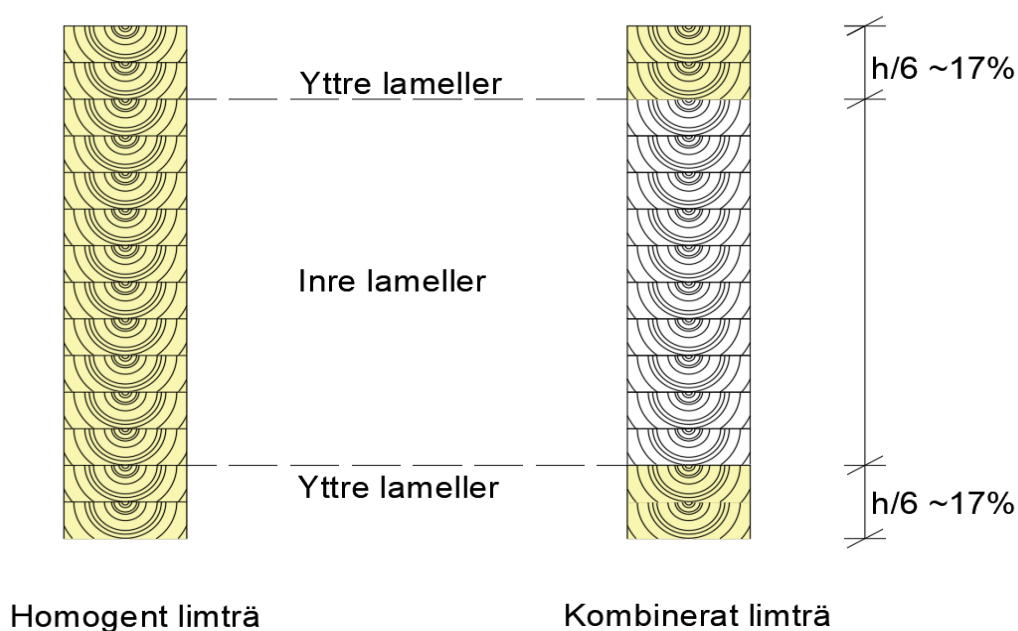
| Bredd [mm] | Höjd [mm] | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 15 | 21 | 28 | 33 | 45 | 70 | 95 | 120 | 145 | 170 | 195 |
| 8 | | X | | X | X | X | X | | | | |
| 12 | | | | X | X | X | X | | | | |
| 15 ⁽¹⁾ | X | | | X | X | X | X | X | X | O | |
| 18 ⁽²⁾ | | | | | X | O | X | X | X | O | O |
| 21 ⁽¹⁾ | | X | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 28 | | | X | | X | | X | O | O | | |
| 33 | | O | | X | X | X | X | O | O | | |
| 45 | | | | X | X | X | X | X | X | O | X |
| 70 | | | | | | X | | | O | | O |

3.2 Limträ

Limträbalkar är i huvudsak gjorda av konstruktionsvirke från gran (98 %) men även produkter av furu förekommer. Limträ består av hoplimmade lameller med tjockleken 45 mm för raka limträelement och 33mm för krökta limträelement. (Fröbel, 2016) Limträ framställs i Finland i enlighet med standarden SFS EN 386 och SFS-EN 14 080. (Puuinfo, 2016)

3.2.1 Hållfasthetsklasser

GL30c och GL30cs är standardhållfasthetsklasser som används i Finland men på beställning tillverkas även GL24c, GL24h, GL30h och GL30hs. (Puuinfo, 2016) GL står för Glued Laminated Timber, siffran står för materialets karakteristiska böjhållfasthet och c respektive h står för combined = kombinerat och homogeneous = homogent limträ. Homogent limträ består av lameller med samma styrka genom hela balken (se figur. 3), medans kombinerat limträ har starkare lameller ytterst i de yttre zonerna och svagare in mot mitten i den inre zonen (se figur. 1). Utöver detta kan namnet sluta med ett s som står för split = kluvet limträ. Kluvet limträ har en lägre hållfasthet än okluvet. (Fröbel, 2016) Tvärsnittets höjd inverkar på hållfastheten. Ifall en balk utsatt för moment har en höjd mindre än 600 mm eller om kantmåttet för en dragen balk är mindre än 600 mm får böjhållfastheten och draghållfastheten ökas. (RIL, 2017) Egenskaperna för limträ bestäms enligt SFS EN 14 080. (Puuinfo, 2016)



Figur 3. Homogent och kombinerat limträ.

3.2.2 Storlekar

Tabellerna 6 och 7 anger standardmått för limträ. Limträ kan tillverkas med längder upp till 30–40 m men regleras ofta av transporten. (Fröbel, 2016) Inom Europa klassas ett fordon som överskrider längden 25,25 m som specialtransport. En specialtransport kräver mera tid och engagemang. På grund av detta är det fördelaktigt att välja en längd som håller sig under gränsen. (ELY-keskus, 2010)

Tabell 6. Standardmått för limträ (Puuinfo, 2016)

| Bredd [mm] | Höjd [mm] | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 90 | 115 | 140 | 225 | 270 | 315 | 360 | 405 | 450 | 495 |
| 90 | • | | | • | • | • | • | • | | |
| 115 | | • | | • | • | • | • | • | • | • |
| 140 | | | • | | • | • | • | • | | |
| 165 | | | | | | | • | | • | |

Tabell 7. Standardmått för kluvet limträ (Puuinfo, 2016)

| Bredd [mm] | Höjd [mm] | | | | | | |
|------------|-----------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| | 225 | 270 | 280* | 300* | 315 | 360 | 405 |
| 42 | • | • | • | • | • | • | |
| 56 | • | • | | | • | • | • |
| 66 | | | | | • | • | • |

3.3 Fanerträ (LVL)

Fanerträ eller LVL-trä som står för laminated veneer lumber är gjort av hoplimmade fanerark (vanligtvis av gran) som är 3 mm tjocka. Fanerträ tillverkas enligt standarden SFS EN 14 374. Vanligaste fanerträ sorten i Finland är kertopuu som framställs i tre olika format, Kerto-S, Kerto-Q och Kerto-T. Kerto-S är balkar, Kerto-Q är skivor och Kerto-T är stolpar. (Puuinfo, 2016)

3.3.1 Hållfasthetsklasser

Kerto-S, Kerto-Q och Kerto-T har olika hållfastheter jämfört mot varandra. Ytterligare delas Kerto-Q in i två olika grupper baserat på skivans tjocklek. För samtliga Kerto tvärsnitt gäller att både materialets höjd och längd inverkar på hållfastheten. Ifall höjden för tvärsnittet överskrider 300 mm kommer en reducering ske på böjhållfastheten och ifall längden överskrider 3000 mm kommer en reducering ske på draghållfastheten. (RIL, 2017) Egenskaperna för Kerto-S och Kerto-Q bestäms enligt VTT certifikat 184/03 och Kerto-T enligt certifikat VTT-C-1781-21-07. (MetsäWood, 2016)

3.3.2 Storlekar

Tabellerna 8 och 9 anger standardmått för Kerto-S och Kerto-Q. Kerto-S tillverkas i längder upp till 25 m och Kerto-T tillverkas i längder upp till 12 m. Kerto-T har en bredd på 39–45 mm och en höjd upp till 200 mm. (MetsäWood, 2016)

Tabell 8. Standardmått för Kerto-S (MetsäWood, 2016)

| Bredd [mm] | Höjd [mm] | | | | | | | | |
|------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 200 | 225 | 260 | 300 | 360 | 400 | 450 | 500 | 600 |
| 27 | • | • | | | | | | | |
| 33 | • | • | • | | | | | | |
| 39 | • | • | • | • | | | | | |
| 45 | • | • | • | • | • | | | | |
| 51 | • | • | • | • | • | • | | | |
| 57 | • | • | • | • | • | • | • | | |
| 63 | • | • | • | • | • | • | • | • | |
| 75 | • | • | • | • | • | • | • | • | • |

Tabell 9. Standardmått för Kerto-Q (MetsäWood, 2016)

| Tjocklek [mm] | Bredd [mm] | | | |
|---------------|------------|------|------|------|
| | 900 | 1200 | 1800 | 2500 |
| 21 | • | • | • | • |
| 27 | • | • | • | • |
| 33 | • | • | • | • |
| 39 | • | • | • | • |
| 45 | • | • | • | • |
| 51 | • | • | • | • |
| 57 | • | • | • | • |
| 63 | • | • | • | • |
| 69 | • | • | • | • |
| 75 | • | • | • | • |

4 Dimensionering enligt Eurokod

Eurokoderna är gemensamma dimensioneringsregler för Europa och de togs i bruk i Finland 2007. Vid dimensionering av trä används främst Eurokod 5 som är uppdelad i tre delar:

- SFS-EN 1995-1-1 Eurokod 5 Dimensionering av träkonstruktioner del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader
- SFS-EN 1995-1-2 Eurokod 5 Dimensionering av träkonstruktioner del 1-2: Brandteknisk dimensionering
- SFS-EN 1995-2 Eurokod 5 Dimensionering av träkonstruktioner del 2: Broar

Tillsammans med Eurokod 5 används även SFS-EN 1991-1 Eurokod 1 Laster på bärverk. Utöver Eurokod har Suomen Rakennusinsinöörien Liitto gett ut dimensioneringsanvisningen RIL205-1-2017 som beskriver hur man ska tolka SFS-EN 1995-1-1 och den tillhörande nationella bilagan.

4.1 Gränstillstånd

Med gränstillstånd menas det tillstånd då konstruktionen är på gränsen till att inte längre kunna uppfylla kraven som ställs. Eurokod delar in detta i brott- och bruksgränstillstånd. Brottgränstillstånd (ULS) behandlar kollaps, brott, jämviksförlust, övergång till mekanism och fel på grund av utmattningsmedans bruksgränstillstånd (SLS) behandlar deformationer, vibrationer, sprickor och skador som har en negativ inverkan på användningen. Både brott- och bruksgränstillståndets bärförmåga bör kontrolleras. (Boverket, 2010)

Brottgränstillstånd för träkonstruktioner kan innefatta brott i trämaterial, vippning av böjda konstruktionsdelar, brott i limfogar, knäckning av tryckta delar eller brott i mekaniska förband. Bruksgränstillstånd för träkonstruktioner kan innefatta svängningar och stora deformationer. (Carling, 1992)

I brottgränstillstånd bestäms lasteffekten med formel:

$$\begin{cases} 1,15 \cdot K_{fi} \cdot G_{kj} + 1,5 \cdot K_{fi} \cdot Q_{k1} + 1,5 \cdot K_{fi} \cdot \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \\ 1,35 \cdot K_{fi} \cdot G_{kj} \end{cases} \quad [(2.1.1S) \text{ RIL } 205-1-2017]$$

K_{fi} = lastfaktor beroende på konsekvensklass (nämns i kapitel 4.4.)

G_{kj} = karakteristiskt värde för alla egenvikter som ingår i lasteffekten

Q_{k1} = karakteristiskt värde för den dominerande nyttolasten

$\Psi_{0,i}$ = kombinationsfaktor (nämns i kapitel 4.2.)

$Q_{k,i}$ = karakteristiskt värde för övriga samtidigt förekommande nyttolaster

Den övre formeln används när nyttolaster ingår i lasteffekten, den nedre när endast egenvikt ingår.

I bruksgränstillstånd bestäms den karakteristiska kortvariga lasteffekten med formel:

$$G_{kj} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad [(2.1.6S) \text{ RIL } 205-1-2017]$$

G_{kj} = karakteristiskt värde för alla egenvikter som ingår i lasteffekten

$Q_{k,1}$ = karakteristiskt värde för den dominerande nyttolasten

$\Psi_{0,i}$ = kombinationsfaktor (nämns i kapitel 4.2.)

$Q_{k,i}$ = karakteristiskt värde för övriga samtidigt förekommande nyttolaster (vindlast

kan inte ingå i denna term eftersom den alltid väljs som huvudlast)

I bruksgränstillstånd bestäms den långvariga lasteffekten i brukstillstånd med formel:

$$G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i} \quad [(2.5.2S) \text{ RIL } 205-1-2017]$$

G_{kj} = karakteristiskt värde för alla egenvikter som ingår i lasteffekten

$\Psi_{2,i}$ = kombinationsfaktor (nämns i kapitel 4.2.)

$Q_{k,i}$ = karakteristiskt värde för övriga samtidigt förekommande nyttolaster (vindlast kan inte

ingå i denna term eftersom den alltid väljs som huvudlast)

4.2 Kombinationsfaktorer

Kombinationsfaktorer används eftersom de olika lasterna i ett lastfall sällan verkar till 100 % på samma gång. Eurokod beaktar detta genom faktorer som reducerar lasternas verkan, dessa finns i tabell 10. (RIL, 2017)

Tabell 10. Kombinationsfaktorer (RIL, 2017)

| Last | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|---|----------|----------|----------|
| Nyttolaster i byggnader, klass (se SFS EN1991-1-1) | | | |
| Klass A: bostadsutrymmen | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Klass B: kontorsutrymmen | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Klass C: samlingsutrymmen | 0,7 | 0,7 | 0,3 |
| Klass D: affärsutrymmen | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Klass E: lagerutrymmen | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Klass F: trafikerade utrymmen, fordonsvikt ≤ 30 kN | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Klass G: trafikerade utrymmen, $30 \text{ kN} < \text{fordonsvikt} \leq 160$ kN | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Klass H: yttertak | 0 | 0 | 0 |
| Snölast (se SFS-EN1991-1-3) ^(*) när | | | |
| $S_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$ | 0,7 | 0,4 | 0,2 |
| $S_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$ | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Islast ^(**) | 0,7 | 0,3 | 0 |
| Vindlaster på byggnader (se SFS-EN1991-1-1-4) | 0,6 | 0,2 | 0 |
| Byggnaders inre temperatur (ej brand) (se SFS-EN1991-1-5) | 0,6 | 0,5 | 0 |
| ^(*) På uteterrasser och balkonger $\psi_0 = 0$ i samband med klasserna A, B, F och G. OBS: Om det i byggnaden finns olika lastklasser som inte kan separeras till egna klara grupper, används ψ -värden som ger mest ogynnsam inverkan. ^(**) Tillägg till Finlands nationella bilaga | | | |

4.3 Lastvarighetsklasser och klimatklasser

Tid har en stor inverkan på träets egenskaper, speciellt böjhållfastheten. Förhållandet mellan belastningstiden och hållfastheten togs ursprungligen fram i USA på 1950-talet och är känt som Madisonkurvan. (Svenskträ, 2018) Eurokod delar in tid i fem olika tidsklasser: permanent, långvarig, medellång, kortvarig och momentan, dessa finns beskrivna i tabell 11. (RIL, 2017)

Tabell 11. Lastvarighetsklasser (RIL, 2017)

| Lastvaraktighetklass | Ackumulerad varaktighet | Exempel på belastning |
|----------------------|-------------------------|--|
| Permanent | >10 år | Egenvikt Permanent byggnaders fastsatta maskiner, apparatur och lätta mellanväggar Marktryck |
| Långvarig | 6 mån - 10 år | Last från lagrat gods Last från vattenbehållare |
| Medellång | 1 vecka - 6 mån | Snö Nyttolast på bjälklag |
| Kortvarig | < 1 vecka | Enstaka koncentrerad last på yttertak Later för installation |
| Momentan | | Vind Olyckslast |

Materialets fuktkvot och omgivande temperatur har en inverkan på hur tiden påverkar hållfastheten. Fuktkvoten påverkar materialets hållfasthet och styvhet. (Svenskträ, 2018) Eurokod har delat in förväntad fuktkvot i tre olika klimatklasser: klimatklass 1 – inomhus, klimatklass 2 – under tak, klimatklass 3 – utomhus. Klimatklasserna finns beskrivna i tabell 12. Eurokod beaktar tid och fuktkvot i en gemensam modifieringsfaktor k_{mod} som kombinerar lastens varaktighet och fukttinnehållet, temperaturen beaktas inte desto noggrannare. Modifieringsfaktorn finns i tabell 13. (RIL, 2017)

Tabell 12. Klimatklasser (RIL, 2017) (Svenskträ, 2018)

| Klimatklass | Beskrivning |
|---------------|---|
| Inomhus (1) | Temperaturen ligger runt 20 °C Omgivningens RH överstiger bara 65 % under någon veckas tid per år Medelfuktkvoten i barrträd överstiger inte 12 % |
| Under tak (2) | Temperaturen ligger runt 20 °C Omgivningens RH överstiger bara 85 % under någon veckas tid per år Medelfuktkvoten i barrträd överstiger inte 20 % |
| Utomhus (3) | Omgivningens faktorer bidrar till att medelfuktkvoten överstiger 20 % |

Tabell 13. Modifieringsfaktor k_{mod} (RIL, 2017)

| | Inomhus | Under tak | Utomhus |
|-----------|---------|-----------|---------|
| Permanent | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| Långvarig | 0,7 | 0,7 | 0,55 |
| Medellång | 0,8 | 0,8 | 0,65 |
| Kortvarig | 0,9 | 0,9 | 0,7 |
| Momentan | 1,1 | 1,1 | 0,9 |

Det dimensionerande värdet för hållfasthet beräknas med formeln:

$$X_d = k_{\text{mod}} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad [(2.14) \text{ EN1995-1-1}]$$

X_d = dimensionerad hållfasthet

k_{mod} = modifieringsfaktor för tid och fuktkvot (finns i tabell. 13)

X_k = karakteristisk hållfasthet

γ_M = partialkoefficient för material

4.4 Konsekvensklasser

Ifall en konstruktion inte uppfyller den bärigheten den borde kan det få oönskvärda följder. Hur allvarliga följderna är beror på hur stora skador ett brott skulle orsaka. Eurokod tar detta i beaktande genom att dela in konsekvenserna i tre klasser: CC1-CC3. De olika konsekvensklasserna har en motsvarande lastkoefficient K_{fi} som antingen reducerar eller förstärker lasten. Konsekvensklasserna och deras beskrivningar finns i tabell 14. (RIL, 2017)

Tabell 14. Konsekvensklasser ⁽¹⁾ vindsbjälklag och mellanbjälklag hör till klass CC2 ifall dessa ej är delar av byggnadens förstyvande system. I samma byggnad kan det finnas byggnadsdelar som tillhör olika konsekvensklasser. ⁽²⁾ Inklusive källarvåningarna. (RIL, 2017)

| Konsekvensklass | K _{fi} | Beskrivning | Exempel |
|-----------------|-----------------|---|--|
| CC1 | 0,9 | Små konsekvenser genom förlust av människoliv. Små eller obetydliga ekonomiska skador, sociala skador och miljöskador. | En- eller tvåvåningsbyggnader där människor bara vistas tillfälligt som t.ex. lager. Konstruktioner som inte orsakar märkbar fara vid skada som: - trossbottenbjälklag - yttertak vid krypvind, när bjälklaget är den egentliga bärande konstruktionen - icke bärande ytterväggar och mellanväggar |
| CC2 | 1,0 | Medelstora konsekvenser genom förlust av människoliv eller betydande ekonomiska skador, sociala skador och miljöskador. | Byggnader och konstruktioner som inte hör till klasserna CC1 och CC3. |
| CC3 | 1,1 | Stora konsekvenser genom förlust av människoliv eller mycket stora ekonomiska skador, sociala skador och miljöskador. | Byggnadens bärande stomme inklusive förstyvande konstruktionsdelar ⁽¹⁾ i sådana byggnader där det ofta vistas en stor mängd människor som: - bostads-, kontors- och affärsbyggnader med över 8 våningar ⁽²⁾ - konsertsalar, teatrar, sport- och utställningshallar, läktare (över 1000 personer) - byggnader som är tungt belastade eller innehåller stora spännvidder Specialkonstruktioner som t.ex. stora master och torn |

4.5 Snölast

Snölastens storlek påverkas av byggnadens geografiska läge, takets form, topografi och takets värmegenomsläpplighet. Snölasten för en varaktig/tillfällig dimensioneringssituation beräknas med formel:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad [(5.1) \text{ EN1991-1-3}]$$

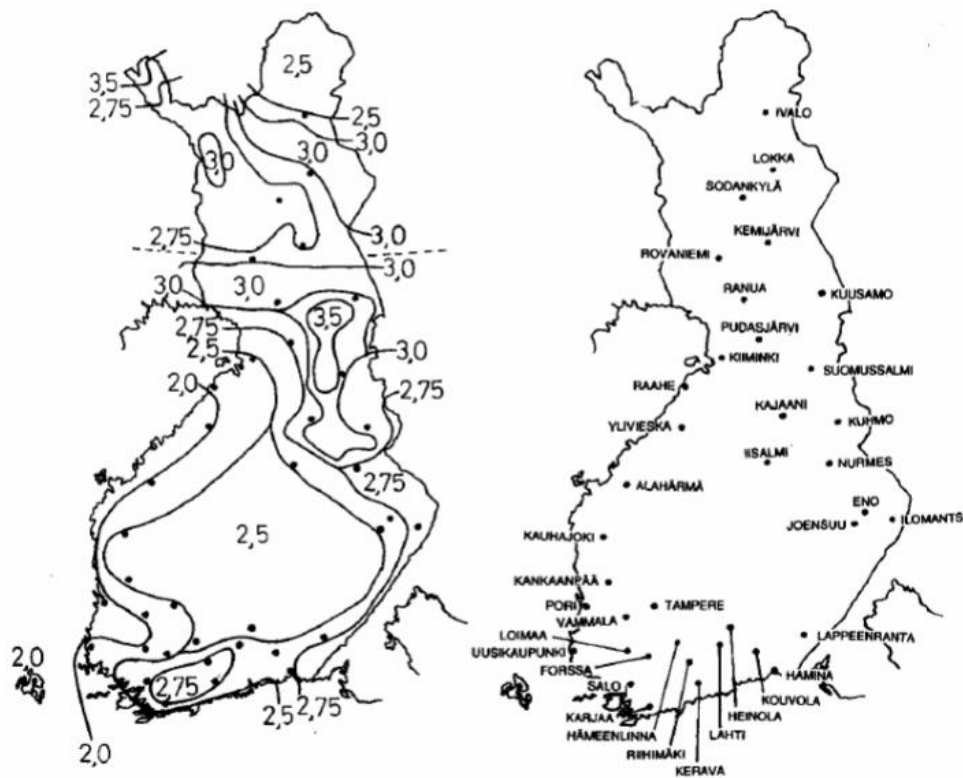
μ_i = snölastens formfaktor (fås ur figur. 5)

C_e = exponeringsfaktor (finns i tabell. 15)

C_t = termisk koefficient (finns nämnd i slutet av detta kapitel)

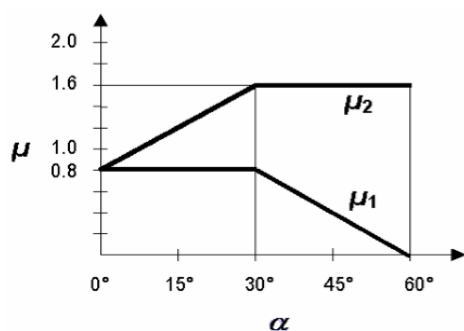
s_k = karakteristiskt värde för snölast på mark (finns i figur. 4)

Det geografiska läget beaktas genom att Finland har indelats i zoner. Varje zon har ett karakteristiskt värde för markytans snölast, dessa värden finns i figur 4. Noggrannare zonindelning för orter finns i bilaga 2. (RIL, 2017)



Figur 4. Markytans snölast, S_k (RIL, 2017)

Takets form beaktas med formfaktorer baserat på takets lutning och utformning (finns det risk att snön samlas någonstans eller finns det risk för drivor på takytan). Formfaktorn μ_i får ut figur 3 utgående från takets lutning α . Värdena ur figuren gäller när snön oförhindrat slipper att glida ner av taket. Ifall det finns snörasskydd eller liknande hinder får formfaktorn inte väljas lägre än 0,8. (RIL, 2017)



Figur 5. Formfaktor μ_i för snö på tak (RIL, 2017)

Ifall det finns en högre byggnadsdel som kan orsaka snöras ner på det lägre taket eller orsaka drivning på intilliggande tak beaktas detta med formlerna: (RIL, 2017)

$\mu_1 = 0,8$ ifall det lägre taket är horisontellt

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

[(5.6) och (5.7) EN1991-1-3]

μ_s = formfaktor på grund av snöras från det högre taket intill

ifall $\alpha \leq 15^\circ$ blir $\mu_s = 0$

ifall $\alpha > 15^\circ$ bestäms μ_s av en tilläggsbelastning på 50 % av maximal total last på det högre intilliggande taket

μ_w = formfaktorn för snölast på grund av vind, de rekommenderade gränserna är $0,8 \leq \mu_w \leq 4$. Ur formeln väljs det minsta värdet.

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/s_k,$$

[(5.8) EN1991-1-3]

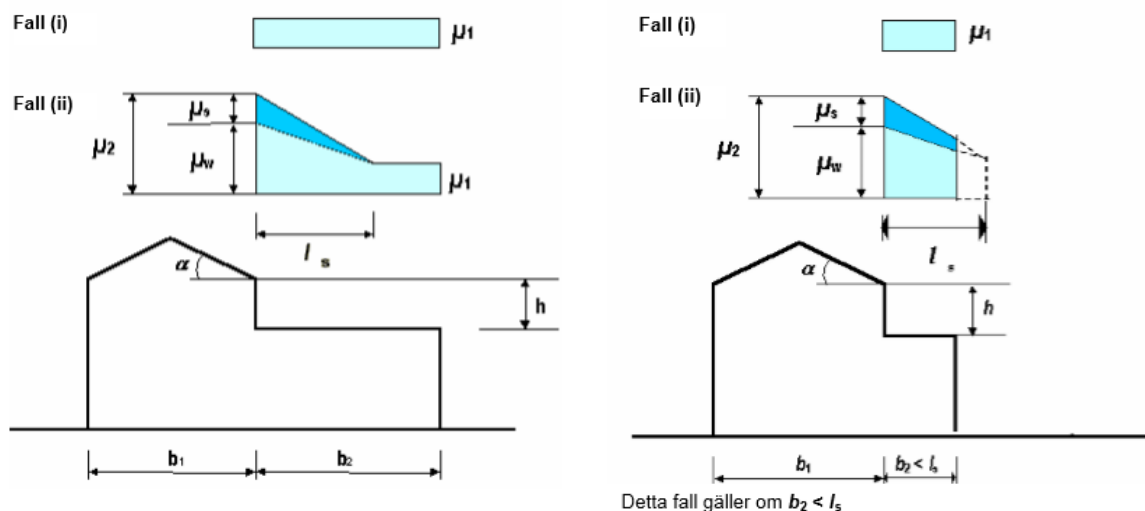
b_1 = bredden för den högre byggnaden (se figur. 6)

b_2 = bredden för den lägre byggnaden (se figur. 6)

$2h = l_s$ (se figur. 6) snöfickans längd, de rekommenderade gränserna är $5 \leq l_s \leq 15$ m

γ = snöns tunghet, kan väljas till 2 kN/m^3

S_k = karakteristiskt värde för snölast på mark (finns i figur. 4)



Figur 6. Formfaktorer för snölast på flernivåtak/tak intill högre byggnadsverk (RIL, 2017)

Topografin beaktas med en exponeringsfaktor som grundar sig på hur vindutsatt området är. Topografin delas in i tre olika klasser: vindutsatt, normal och skyddat. Dessa finns beskrivna i tabell 15. Takets värmegenomsläpplighet beaktas med en termisk koefficient. Koefficienten kan reducera snölasten ifall taket släpper igenom så mycket värme att snön smälter. För att man ska få reducera lasten krävs att takets värmegenomgångskoefficient är $> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$. För alla andra fall är $C_t=1,0$. (RIL, 2017)

Tabell 15. Rekommenderade värden för olika topografier (RIL, 2017)

| Topografi | C_e | Beskrivning |
|------------|-------|---|
| Vindutsatt | 0,8 | Plan, öppen terräng, vindexponerad i alla riktningar utan skydd av terräng, träd och högre byggnadsverk. |
| Normal | 1,0 | Områden där snön endast i undantagsfall blåser av byggnadsverk, avhängigt terräng, andra byggnadsverk eller träd. |
| Skyddat | 1,2 | Område för det aktuella byggnadsverket är väsentligt lägre än omgivande terräng eller omgivet av höga träd och/eller omgivet av högre byggnadsverk. |

4.6 Vindlast

Vindlastens storlek påverkas av byggnadens omgivning, byggnadens form och höjd. Enligt Eurokod kan vindlasten beräknas på två olika sätt. Antingen genom att beräkna den totala vindlasten, F_w som verkar på byggnadens projektyta A_{ref} . Eller genom att geometriskt summera vindtryck på byggnadens delytor. Ifall man räknar enligt det förstnämnda sättet används formel:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad [(5.4) \text{ EN1991-1-4}]$$

$C_s C_d$ = bärverksfaktor, kan väljas till 1 om:

- Byggnadens höjd $h < 15 \text{ m}$
- För fasad- och takelement med en egenfrekvens $f > 5 \text{ Hz}$
- För ramverksstommar med avsyvande väggar, som är lägre än 100m och har en höjd som är mindre än 4 gånger längden i vindriktningen

- d) För skorstenar med cirkulära tvärsnitt och har en höjd på <60 m och $<6,5$ gånger diametern

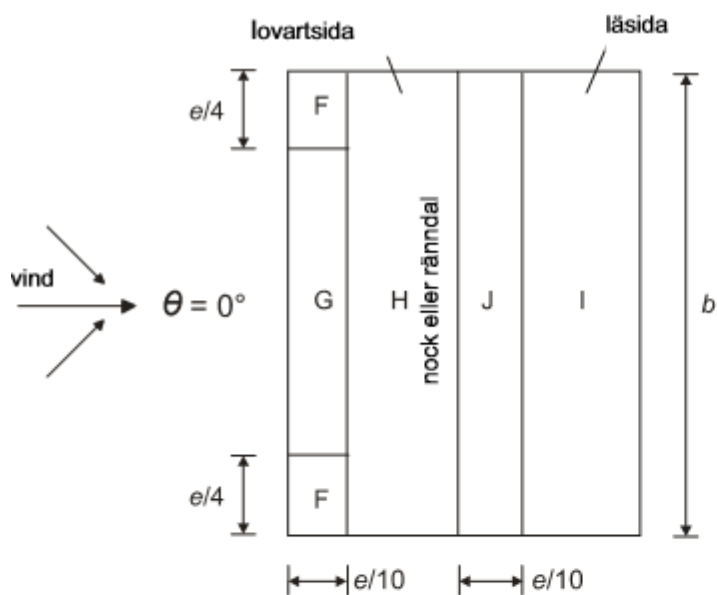
Ifall dessa inte uppfylls måste $C_s C_d$ beräknas enligt formlerna (6.1) (6.2) och (6.3) i EN1991-1-4 (de tas inte upp i detta arbetet eftersom arbetet riktar in sig på småhus)

C_f = formfaktor för kraft på bärverk eller bärverksdel, innehåller formfaktorn C_{pe} för utvändig last och formfaktorn C_{pi} för invändig last

$Q_p(Z_e)$ = karakteristiska hastighetstrycket för referenshöjden Z_e (se figur. 10)

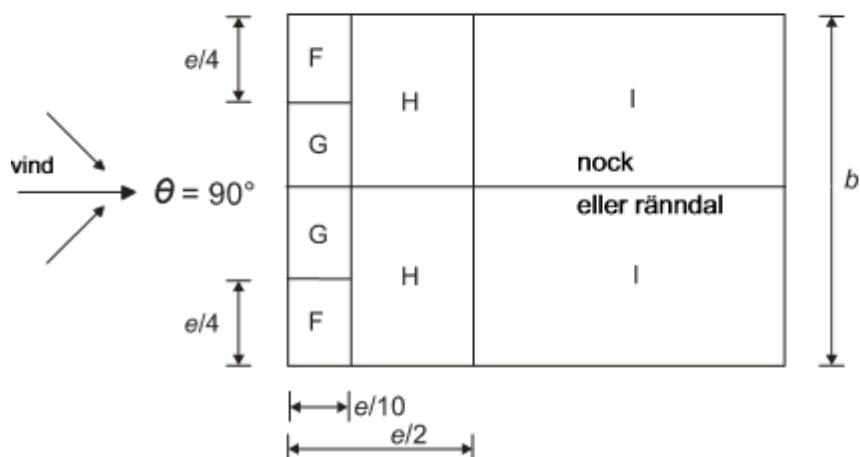
A_{ref} = byggnadens projektionsyta vinkelrätt mot vindriktningen

I summeringsmetoden behövs formfaktorn C_{pe} på byggnadens ytor. Dessa delas in i $C_{pe,1}$ och $C_{pe,10}$. $C_{pe,1}$ används vid en area $\leq 1 \text{ m}^2$ och $C_{pe,10}$ används vid en area upp till 10 m^2 samt för bärverket som helhet. Areorna för väggarna bestäms enligt zonindelningarna som finns i figur 7. Areorna för sadeltak och motfallstak bestäms enligt zonindelningarna som finns i figur 8. Andra zonindelningar gäller för andra tak (pultettak, plana tak och valmade tak). Tabell 16 och 17 anger det rekommenderade värdet för C_{pe} utgående från zon och förhållandet h/d . C_{pi} kan ifall inga omfattande utredningar görs få värdena $+0,2$ och $-0,3$ utgående från vilket av dem är det ogynnsammaste. (Eurokod, 2005)

(b) vindriktning $\theta = 0^\circ$

$e = \text{det minsta av } b \text{ eller } 2h$

b : bredd vinkelrät mot vindriktningen

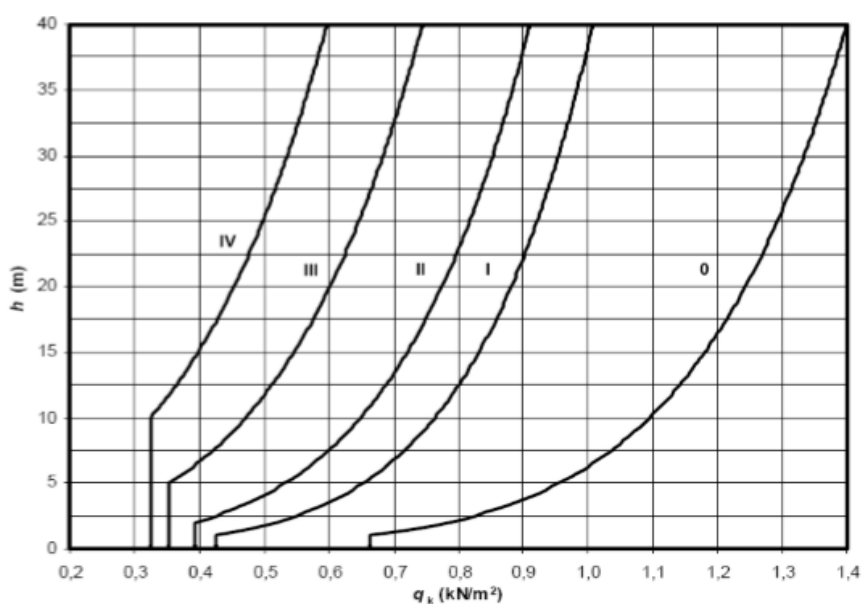
(c) vindriktning $\theta = 90^\circ$

Figur 8. Zonindelning för sadel- och motfallstak (fig. 7.8. EN1991-1-4)

Tabell 17. Rekommenderade formfaktorer för utvändig last på sadel- och motfallstak (tab. 7.4a EN1991-1-4)

| Taklutning α | F | | G | | H | | I | | J | |
|---------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,1}$ |
| -45° | -0,6 | -0,6 | -0,6 | -0,6 | -0,8 | -0,8 | -0,7 | -0,7 | -1 | -1,5 |
| -30° | -1,1 | -2,0 | -0,8 | -1,5 | -0,8 | -0,8 | -0,6 | -0,6 | -0,8 | -1,4 |
| -15° | -2,5 | -2,8 | -1,3 | -2,0 | -0,9 | -1,2 | -0,5 | -0,5 | -0,7 | -1,2 |
| -5° | -2,3 | -2,5 | -1,2 | -2,0 | -0,8 | -1,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | | | | | | | -0,6 | -0,6 | -0,6 | -0,6 |
| 5° | -1,7 | -2,5 | -1,2 | -2 | -0,6 | -1,2 | -0,6 | -0,6 | 0,2 | 0,2 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | -0,6 | -0,6 |
| 15° | -0,9 | -2 | -0,8 | -1,5 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -1 | -1,5 |
| | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30° | -0,5 | -1,5 | -0,5 | -1,5 | -0,2 | -0,2 | -0,4 | -0,4 | -0,5 | -0,5 |
| | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 45° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,2 | -0,2 | -0,3 | -0,3 |
| | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60° | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | -0,2 | -0,2 | -0,3 | -0,3 |
| 75° | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | -0,2 | -0,2 | -0,3 | -0,3 |

Omgivningen tas i beaktande genom att dela upp omgivande terräng i fem olika typer: 0-IV. Terrängtyperna finns beskrivna i figur 7. Terrängtypen har i sin tur en inverkan på vindtrycket i enlighet med figur 8. (RIL, 2017)



Figur 9. Vindtryck enligt byggnadens höjd över markytan i olika terrängzoner (RIL, 2017)

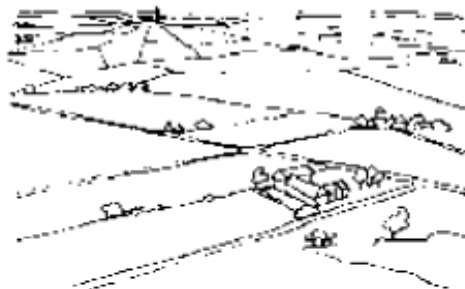
Terrängtyp 0

Havs- eller kustområde exponerat för öppet hav



Terrängtyp I

Sjö eller plant och horisontalt område med försumbar vegetation och utan hinder



Terrängtyp II

Område med låg vegetation som gräs och enstaka hinder (träd, byggnader) med minsta inbördes avstånd lika med 20 gånger hindrens höjd



Terrängtyp III

Område täckt med vegetation eller byggnader eller med enstaka hinder med största inbördes avstånd lika med 20 gånger hindrens höjd (t ex byar, förorter, skogsmark)



Terrängtyp IV

Område där minst 15 % av arean är bebyggd och där byggnadernas medelhöjd är > 15 m

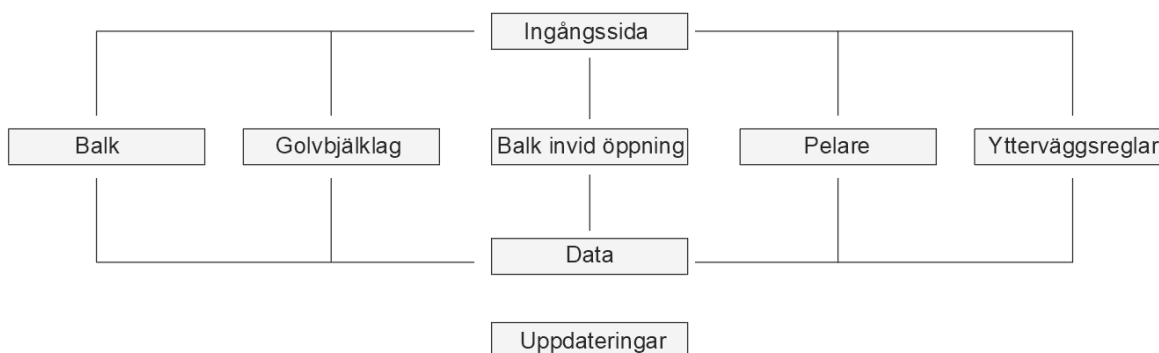


Figur 10. Terrängtyper och deras beskrivning (Boverket, 2010)

5 Resultat

Detta kapitel tar upp examensarbetets resultat. Resultatet är en Excel-tillämpning för småhus med tillhörande manual. Manualen finns som bilaga. 1 i detta arbete.

5.1 Excel-tillämpningen

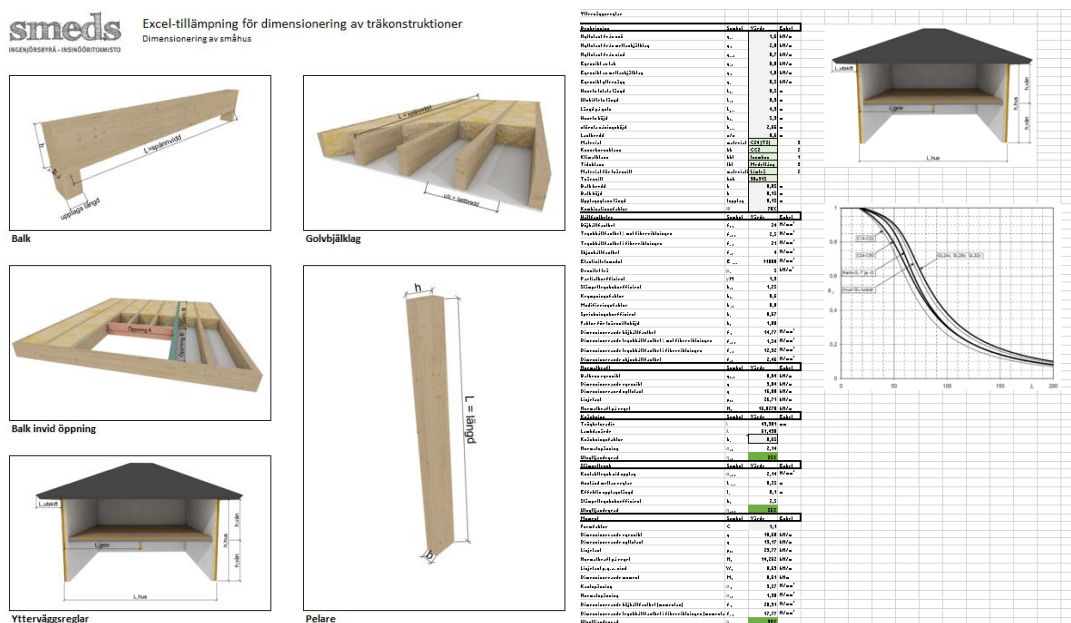


Figur 11. Flödesschema för tillämpningen.

Tillämpningen är baserad på beställarens behov och beräknar de vanligaste konstruktionerna i småhus. Tillämpningen är utformad så att användaren får lägga in information (laster, omgivningens faktorer, spännvidd och dylikt) och utifrån detta beräknar tillämpningen hållfastheten. Vibrationsdimensionering beaktas inte i tillämpningen och bör kontrolleras separat.

5.1.1 Ingångssida

Excel-tillämpningen är uppdelad i flikar. Ingångssidan finns på den första fliken, på de därefter följande flikarna finns de olika konstruktionstyperna, därefter följer en flik med hållfasthets- och tvärsnittstabeller och en flik för uppdateringar. På tillämpningens ingångssida finns de tillgängliga konstruktionstyper uppräknade (se figur. 12). Genom att trycka på lämplig konstruktionstyp kommer tillämpningen att förflytta användaren till fliken för vald konstruktionstyp.



Figur 12. Ingångssida och flik för dimensionering av yttervägsreglar

5.1.2 Utgångsdata

För samtliga konstruktionstyper ska användaren fylla i utgångsdata. Mängden data som ska fyllas i varierar mellan de olika konstruktionstyperna, ovan är ett exempel på vilka utgångsdata tillämpningen kan kräva (se figur 13). Laster som påverkar konstruktionen ska fyllas i, samt uppgifter om vilken konsekvensklass, klimatklass och tidsklass tvärsnittet befinner sig i.

| Beskrivning | Symbol | Värde | Enhet |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------------------|
| Nyttolast på balk | q | 1,2 | kN/m ² |
| Egenvikt på balk | g | 0,5 | kN/m ² |
| Spännvidd | L | 3,9 | m |
| Material | material | Kerto-S | |
| Konsekvensklass | kk | CC2 | |
| Klimatklass | kk1 | Inomhus | |
| Tidsklass | tkl | Medellång | |
| Material för tvärsnitt | material2 | Limträ | |
| Tvärsnitt | bxh | 115x315 | |
| Balk bredd | b | 0,115 | m |
| Balk höjd | h | 0,315 | m |
| Upplagsytans längd | lupplag | 0,05 | m |
| Nyttolastens långvariga andel | ψ_2 | 100% | |

Figur 13. Exempel på utgångsdata från Excel-tillämpning

De material som kan väljas i tillämpningen är baserade på företagets önskemål. I tillämpningen kan användaren välja mellan konstruktionsvirke, limträ eller fanerträ (LVL). För respektive material finns tabeller med de vanligaste tvärsnitten som används i Finland under fliken data. Tillämpningen anger ifall det valda tvärsnittet uppfyller bärligheten för den angivna belastningen. Ifall användaren vill använda ett tvärsnitt utöver de vanliga tvärsnittmåten finns möjligheten att lägga in egna tvärsnittsmått i tillämpningen.

5.1.3 Hållfastheter

Då användaren matat in utgångsvärdena visar tillämpningen de karakteristiska hållfastheter och värden som används. Från dessa räknar tillämpningen ut de dimensionerande hållfastheterna som behövs för följande beräkningar (se figur 14).

| Hållfastheter | Symbol | Värde | Enhet |
|--|--------------|-------|-------------------|
| Böjhållfasthet | f_{mk} | 44 | N/mm ² |
| Tryckhållfasthet \perp mot fiberriktningen | $f_{c,90,k}$ | 6 | N/mm ² |
| Skjuvhållfasthet | $f_{v,k}$ | 4,1 | N/mm ² |
| Elasticitetsmodul | $E_{0,mean}$ | 13800 | N/mm ² |
| Densitet trä | $\rho_{trä}$ | 5 | kN/m ³ |
| Partialkoefficient | γ_M | 1,2 | |
| Stämpeltryckskoefficient | $k_{c,90}$ | 1,4 | |
| Krympningsfaktor | k_{def} | 0,6 | |
| Modifieringsfaktor | k_{mod} | 0,8 | |
| Sprickningskoefficient | k_{cr} | 1 | |
| Faktor för tvärsnittshöjd | k_h | 0,99 | |
| Dimensionerande böjhållfasthet | f_{md} | 29,16 | N/mm ² |
| Dimensionerande tryckhållfasthet \perp mot fiberriktningen | $f_{c,90,d}$ | 4,00 | N/mm ² |
| Dimensionerande skjuvhållfasthet | $f_{v,d}$ | 2,73 | N/mm ² |

Figur 14. Exempel på hållfastheter från Excel-tillämpningen

5.1.4 Utnyttjandegrader

Tillämpningen kontrollerar utnyttjandegraderna för konstruktionstypen och anger utnyttjandegraden i procent. Utnyttjandegraden bör vara under 100 % för att konstruktionstypen ska hålla. Så länge värdet är under 100 % kommer det visas i en grön ruta och ifall värdet överstiger 100 % kommer det visas i en röd ruta. Detta ger användaren en klar överblick över ifall konstruktionstypen håller eller ej (se figur 15).

| Stämpeltryck | Symbol | Värde | Enhet |
|--------------------------|-----------------|-------|-------------------|
| Kontakttryck vid upplag | σ_{c90d} | 0,81 | N/mm ² |
| Effektiv upplagslängd | l_{eff} | 0,18 | m |
| Stämpeltryckskoefficient | k_{90} | 1,68 | |
| Utnyttjandegrad | η_{c90d} | 12% | |
| Nedböjning | Symbol | Värde | Enhet |
| Momentan linjelast | p_{Ek} | 3,06 | kN/m |
| Momentan nedböjning | w_{inst} | 14,97 | mm |
| Utnyttjandegrad | η_{vd} | 139% | |
| Slutlig nedböjning | w_{fin} | 19,84 | mm |
| Utnyttjandegrad | η_{vd} | 138% | |

Figur 15. Exempel på utnyttjandegrader från Excel-tillämpningen

Tillämpningen ger möjligheten att få beräkningarna utskrivna ifall användaren vill kunna påvisa vad som har beräknats. Ifall kunder önskar få beräkningarna fås de enkelt på detta sätt.

5.1.5 Fliken Data

Under data fliken hittas de karakteristiska hållfastheterna, värden och tvärsnitt som tillämpningen väljer till de olika konstruktionstyperna. Dessa tabeller är enkla att ändra på utifall att användaren vill lägga till något eller ifall en uppdatering för Eurokod kommer ut med förnyade värden.

5.1.6 Fliken Uppdateringar

Under uppdateringar fliken kan användaren fylla i namn, datum och åtgärd för utförd ändring ifall användaren har ändrat något i tillämpningen. Tillämpningen är menad att användas av flera användare så denna flik klargör för övriga användare vad som ändrats.

5.2 Manualen

Manualen är gjord för att användaren ska få en enkel förklaring på hur tillämpningen fungerar. Manualen tar upp det som är viktigt att tänka på när man använder tillämpningen och ser till att användaren använder den på rätt sätt. Manualen finns i bilaga. 1.

6 Sammanfattning och diskussion

Slarvfel vid dimensionering kan alltid förekomma, en beräknings tillämpning minskar riskerna med slarvfel. Denna tillämpning är framtagen inte bara för att minska risken för slarvfel vid beräkningar utan även för att spara tid och resurser för beställaren. Beställaren arbetar främst med småhus i alla de former och kan med tillämpningen beräkna de vanligaste konstruktionerna som behövs. Eftersom tillämpningen kommer användas av flera användare skapades även en användarmanual för att underlätta användningen av tillämpningen.

6.1 Vidareutveckling

Tillämpningen kan utvecklas med mera konstruktionstyper och material men i och med detta arbete blev avgränsningen satt vid de vanligaste konstruktionstyperna och de material som företaget använder sig mest av idag. Tillämpningen är med andra ord gjord för att underlätta det dagliga arbetet men inte för att beräkna speciella konstruktioner. I början fanns det önskemål om att även få med stål i tillämpningen, men det skulle passa bättre som en helt skild Excel-tillämpning för stålet. Däremot skulle till exempel CLT (cross laminated timber) kunna läggas till i tillämpningen i framtiden eftersom användningen av CLT ökar. Mera konstruktionstyper kommer troligtvis att läggas till efter hand.

Källförteckning

Borgström, E., 2016. *Dimensionering av träkonstruktioner-projektering av träkonstruktioner*. 2 uppl. Stockholm: Skogsindustrierna.

Boverket, 2010. *Eurokodhandboken*. u.o.:Boverket.

Carling, O., 1992. *Dimensionering av träkonstruktioner*. Stockholm: Svensk byggtjänst och trätek.

ELY-keskus, 2010. *ELY-keskus*. [Online]
www.ely-keskus.fi
 [Använd 10 03 2018].

Fröbel, J., 2016. *Limträhandboken fakta om limträ*. Stockholm: Svenskt trä.

Metla, S., 2013. *metla.fi*. [Online]
www.metla.fi
 [Använd 06 03 2018].

MetsäWood, 2016. *Metsä Wood*. [Online]
www.metsawood.com
 [Använd 12 03 2018].

Puuinfo, 2016. *Puuinfo*. [Online]
www.puuinfo.fi
 [Använd 09 03 2018].

RIL, 2017. *RIL 205-1-2017*. Helsingfors: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Siikanen, U., 2016. *Puurakentaminen*. 2 uppl. Helsingfors: Rakennustieto Oy.

Svenska byggmästare- och ingenjörsförbundet yh i Finland., 2013.
Byggnadskalendern. Vasa: Svenska byggmästare- och ingenjörsförbundet yh i Finland.

Svensktträ, 2018. [Online]
www.svenskttra.se
 [Använd 07 03 2018].

Träguiden, 2003. [Online]
www.traguiden.se
 [Använd 12 03 2018].

Användarmanual för Excel-tillämpning

Dimensionering av småhus

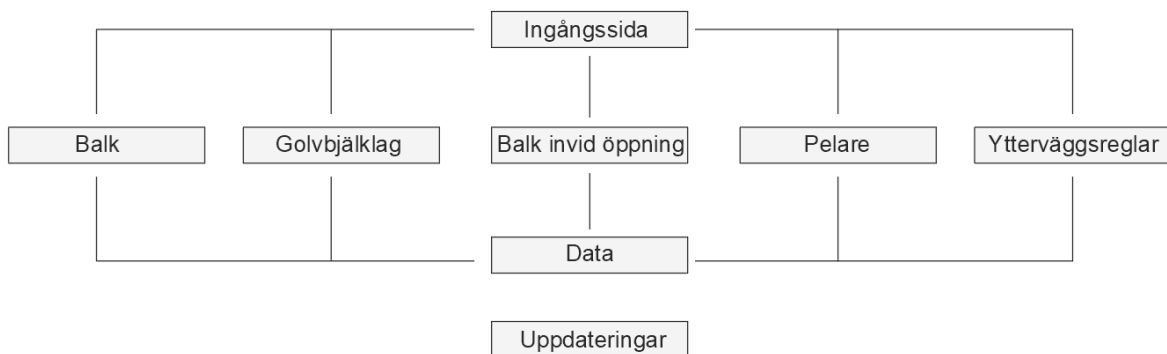
Marie-Louise Linman

Innehållsförteckning

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Tillämpningens uppbyggnad | 1 |
| 1.1 | Konstruktionstyperna | 2 |
| 1.2 | Utgångsdata | 2 |
| 1.3 | Hållfastheter | 2 |
| 1.3.1 | Utnyttjandegrader | 3 |
| 2 | Utgångsdata | 4 |
| 2.1.1 | Nyttolast | 4 |
| 2.1.2 | Nyttolast från snö | 4 |
| 2.1.3 | Nyttolast från vind | 4 |
| 2.1.4 | Nyttolast från mellanbjälklag | 4 |
| 2.1.5 | Egenvikt | 4 |
| 2.1.6 | Lastbredd | 5 |
| 2.1.7 | Längd | 5 |
| 2.1.8 | Husets totala längd | 5 |
| 2.1.9 | Utskiftets längd | 5 |
| 2.1.10 | Längd på golv | 5 |
| 2.1.11 | Husets höjd | 5 |
| 2.1.12 | Största våningshöjd | 5 |
| 2.1.13 | Spännvidden | 5 |
| 2.1.14 | Lastbredd öppning A (vinkelrät balk) | 6 |
| 2.1.15 | Öppning A | 6 |
| 2.1.16 | Öppning B | 6 |
| 2.1.17 | Golv B | 6 |
| 2.1.18 | Material | 6 |
| 2.1.19 | Konsekvensklass | 7 |
| 2.1.20 | Klimatklass | 8 |
| 2.1.21 | Tidsklass | 9 |
| 2.1.22 | Nyttolastens långvariga andel | 10 |

1 Tillämpningens uppbyggnad

Denna manual går igenom hur Excel-tillämpningen: **Dimensionering av träkonstruktioner – dimensionering av småhus** fungerar. Nedan är ett flödesschema som beskriver hur tillämpningen är uppbyggd. När tillämpningen öppnas kommer ingångssidan **start** att visas. Den visar vilka olika konstruktionstyper användaren kan välja. Genom att trycka på den önskade konstruktionstypen (texten) kommer tillämpningen att förflytta användaren till den önskade fliken.



Figur 1. Flödesschema över Excel-tillämpningen.

Fliken **data** innehåller tabeller över de olika materialens (konstruktionsvirke, limträ och fanerträ) karakteristiska hållfastheter, elasticitetsmoduler, densitet, partialkoefficienter och faktorer. Fliken innehåller även tvärsnittstabeller för de olika materialen, användaren kan själv lägga till önskade tvärsnitt ifall behovet finns. I denna flik kan användaren även göra uppdateringar för värdena ifall exempelvis Eurokod förnyas. Ifall användaren ändrar värdena i fliken **data** bör en kommentar sättas in i fliken **uppdateringar** med datum, namn samt åtgärd för att underlätta användningen för övriga användare. Fliken **data** är kopplad till samtliga konstruktionstyper.

1.1 Konstruktionstyperna

De konstruktionstyper som användaren kan välja mellan är: balk, golvbjälklag, balk invid öppning, pelare och ytterväggsreglar. När användaren valt sin konstruktionstyp och förflyttats till konstruktionstypens flik kan användaren börja lägga in sina utgångsdata.

1.2 Utgångsdata

Användaren fyller själv i de utgångsdata som tillämpningen kräver för att utföra beräkningen. Mängden utgångsdata varierar mellan de olika konstruktionstyperna.

| Beskrivning | Symbol | Värde | Enhet |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------|
| Nyttolast på balk | q | 1,2 | kN/m |
| Egenvikt på balk | g | 0,5 | kN/m |
| Spännvidd | L | 3,9 | m |
| Material | material | Kerto-S | 9 |
| Konsekvensklass | kk | CC2 | 2 |
| Klimatklass | kk1 | Inomhus | 1 |
| Tidsklass | tk1 | Medellång | 3 |
| Material för tvärsnitt | material2 | Limträ | 2 |
| Tvärsnitt | bxh | 115x315 | |
| Balk bredd | b | 0,115 | m |
| Balk höjd | h | 0,315 | m |
| Upplagsytans längd | lupplag | 0,05 | m |
| Nyttolastens långvariga andel | Ψ_2 | 30% | |

Figur 2. Exempel på vilka utgångsdata tillämpningen kräver.

1.3 Hållfastheter

Då användaren matat in utgångsvärdena visar tillämpningen de karakteristiska hållfastheter och värden som används. Från dessa räknar tillämpningen ut de dimensionerande hållfastheterna som behövs för följande beräkningar.

| Hållfastheter | Symbol | Värde | Enhet |
|--|--------------|-------|-------------------|
| Böjhållfasthet | f_{mk} | 44 | N/mm ² |
| Tryckhållfasthet \perp mot fiberriktningen | $f_{c,90,k}$ | 6 | N/mm ² |
| Skjuvhållfasthet | $f_{v,k}$ | 4,1 | N/mm ² |
| Elasticitetsmodul | $E_{0,mean}$ | 13800 | N/mm ² |
| Densitet trä | $\rho_{trä}$ | 5 | kN/m ³ |
| Partialkoefficient | γ_M | 1,2 | |
| Stämpeltryckskoefficient | $k_{c,90}$ | 1,4 | |
| Krympningsfaktor | k_{def} | 0,6 | |
| Modifieringsfaktor | k_{mod} | 0,8 | |
| Sprickningskoefficient | k_{cr} | 1 | |
| Faktor för tvärsnittshöjd | k_h | 0,99 | |
| Dimensionerande böjhållfasthet | $f_{m,d}$ | 29,16 | N/mm ² |
| Dimensionerande tryckhållfasthet \perp mot fiberriktningen | $f_{c,90,d}$ | 4,00 | N/mm ² |
| Dimensionerande skjuvhållfasthet | $f_{v,d}$ | 2,73 | N/mm ² |

Figur 3. Exempel på hållfastheterna i Excel-tillämpningen.

1.3.1 Utnyttjandegrader

Tillämpningen kontrollerar utnyttjandegraderna för konstruktionstypen och anger utnyttjandegraden i procent. Utnyttjandegraden bör vara under 100% för att konstruktionstypen ska hålla. Så länge värdet är under 100% kommer det visas i en grön ruta och ifall värdet överstiger 100% kommer det visas i en röd ruta. Detta ger användaren en klar överblick över ifall konstruktionstypen håller eller ej.

| Stämpeltryck | Symbol | Värde | Enhet |
|--------------------------|-----------------|-------|-------------------|
| Kontakttryck vid upplag | σ_{c90d} | 0,81 | N/mm ² |
| Effektiv upplagslängd | l_{eff} | 0,18 | m |
| Stämpeltryckskoefficient | k_{90} | 1,68 | |
| Utnyttjandegrad | η_{c90d} | 12% | |
| Nedböjning | Symbol | Värde | Enhet |
| Momentan linjelast | p_{Ek} | 3,06 | kN/m |
| Momentan nedböjning | w_{inst} | 14,97 | mm |
| Utnyttjandegrad | η_{vd} | 139% | |
| Slutlig nedböjning | w_{fin} | 19,84 | mm |
| Utnyttjandegrad | η_{vd} | 138% | |

Figur 4. Exempel på utnyttjandegrader från Excel-tillämpningen.

Tillämpningen ger möjligheten att få beräkningarna utskrivna ifall användaren vill kunna påvisa vad som har beräknats. Ifall kunder önskar få beräkningarna fås de enkelt på detta sätt.

2 Utgångsdata

Utgångsdatat varierar mellan de olika konstruktionstyperna, här följer alla de uppgifter tillämpningen kan kräva.

2.1.1 Nyttolast

Nyttolasten [kN/m^2] som verkar på konstruktionstypen fylls i av användaren.

2.1.2 Nyttolast från snö

Nyttolasten [kN/m^2] som verkar på konstruktionstypen fylls i av användaren. Enligt SFS-EN 1995-1-1-3 och med hjälp av bilaga. Lista över orters karakteristiska snölast på mark.

2.1.3 Nyttolast från vind

Nyttolasten [kN/m^2] som verkar på konstruktionstypen fylls i av användaren. Enligt SFS-EN 1995-1-1-4.

2.1.4 Nyttolast från mellanbjälklag

Nyttolasten [kN/m^2] som verkar på konstruktionstypen fylls i av användaren. Enligt SFS-EN 1995-1-1.

2.1.5 Egenvikt

Egenvikten [kN/m^2] som verkar på konstruktionstypen fylls i av användaren. Den bärande konstruktionstypens egenvikt ingår ej.

2.1.6 Lastbredd

Lastbredden [m] fylls i av användaren. Detta är den bredd från konstruktionstypen i fråga bär upp lasten. T.ex. om ett bjälklag ska beräknas med centrumavstånd 0,6 m mellan de bärande balkarna kommer bredden vara 0,6m (balken tar upp 0,3 m till vänster och 0,3 m till höger).

2.1.7 Längd

Längden [m] fylls i av användaren. Den totala längden.

2.1.8 Husets totala längd

Längden [m] fylls i av användaren. Den totala bredden för huset.

2.1.9 Utskiftets längd

Längden [m] fylls i av användaren. Längden för utskiftet (ut från väggen).

2.1.10 Längd på golv

Längden [m] fylls i av användaren. Golvets längd mellan yttervägg och nästa bärare.

2.1.11 Husets höjd

Höjden [m] fylls i av användaren. Den totala höjden för ytterväggen.

2.1.12 Största våningshöjd

Höjden [m] fylls i av användaren. Den högsta våningens höjd för ytterväggen.

2.1.13 Spännvidden

Spännvidden [m] fylls i av användaren. OBS! ej totala längden av konstruktionen. Spännvidden är det mått som sträcker sig från mitten av upplagets till mitten av följande upplag.

2.1.14 Lastbredd öppning A (vinkelrät balk)

Lastbredden [m] fylls i av användaren. Detta är den bredd från konstruktionstypen i fråga bär upp lasten. T.ex. om en balk invid en öppning tar upp lasten för en del av öppningen och halva avståndets längd till nästa bärare i samma riktning. Denna balk är tänkt att vara vinkelrät mot ett bjälklag.

2.1.15 Öppning A

Längden på öppningen vinkelrätt mot bjälklaget [m] fylls i av användaren.

2.1.16 Öppning B

Längden på öppningen längs med bjälklaget [m] fylls i av användaren.

2.1.17 Golv B

Längden på bjälklagets del längs med bjälklaget [m] fylls i av användaren.

2.1.18 Material

Materialet för konstruktionstypen fylls i av användaren genom att välja ett alternativ ur rullmenyn i cellen för material. Användaren kan välja:

- Konstruktionsvirke: C14 (T0), C18 (T1), C24 (T2), C30 (T3)
- Limträ: GL28c, GL30c, GL30cs, GL32c
- Fanerträ (LVL): Kerto-S

2.1.19 Konsekvensklass

Konsekvensklassen för konstruktionstypen fylls i av användaren genom att välja ett alternativ ur rullmenyn i cellen för konsekvensklass. Användaren kan välja:

- Konsekvensklass 1, CC1
- Konsekvensklass2, CC2
- Konsekvensklass 3, CC3

Tabell 1. Konsekvensklasser ⁽¹⁾ vindsbjälklag och mellanbjälklag hör till klass CC2 ifall dessa ej är delar av byggnadens förstyvande system. I samma byggnad kan det finnas byggnadsdelar som tillhör olika konsekvensklasser. ⁽²⁾ Inklusive källarvåningarna. (RIL, 2017)

| Konsekvensklass | K _{fi} | Beskrivning | Exempel |
|-----------------|-----------------|---|--|
| CC1 | 0,9 | Små konsekvenser genom förlust av människoliv. Små eller obetydliga ekonomiska skador, sociala skador och miljöskador. | En- eller tvåvåningsbyggnader där människor bara vistas tillfälligt som t.ex. lager. Konstruktioner som inte orsakar märkbar fara vid skada som: <ul style="list-style-type: none"> - trossbottenbjälklag - yttertak vid krypvind, när bjälklaget är den egentliga bärande konstruktionen - icke bärande ytterväggar och mellanväggar |
| CC2 | 1,0 | Medelstora konsekvenser genom förlust av människoliv eller betydande ekonomiska skador, sociala skador och miljöskador. | Byggnader och konstruktioner som inte hör till klasserna CC1 och CC3. |
| CC3 | 1,1 | Stora konsekvenser genom förlust av människoliv eller mycket stora ekonomiska skador, sociala skador och miljöskador. | Byggnadens bärande stomme inklusive förstyvande konstruktionsdelar ⁽¹⁾ i sådana byggnader där det ofta vistas en stor mängd människor som: <ul style="list-style-type: none"> - bostads-, kontors- och affärsbyggnader med över 8 våningar ⁽²⁾ - konsertsalar, teatrar, sport- och utställningshallar, läktare (över 1000 personer) - byggnader som är tungt belastade eller innehåller stora spännvidder Specialkonstruktioner som t.ex. stora master och torn |

2.1.20 Klimatklass

Klimatklassen för konstruktionstypen fylls i av användaren genom att välja ett alternativ ur rullmenyn i cellen för klimatklass. Användaren kan välja:

- Inomhus
- Under tak
- Utomhus

Tabell 2. Klimatklasser (RIL,2017)

| Klimatklass | Beskrivning |
|---------------|---|
| Inomhus (1) | Temperaturen ligger runt 20 °C Omgivningens RH överstiger bara 65% under någon veckas tid per år Medelfuktkvoten i barrträd överstiger inte 12% |
| Under tak (2) | Temperaturen ligger runt 20 °C Omgivningens RH överstiger bara 85% under någon veckas tid per år Medelfuktkvoten i barrträd överstiger inte 20% |
| Utomhus (3) | Omgivningens faktorer bidrar till att medelfuktkvoten överstiger 20% |

2.1.21 Tidssklass

Tidssklassen för konstruktionstypen fylls i av användaren genom att välja ett alternativ ur rullmenyn i cellen för tidssklass. Användaren kan välja:

- Permanent
- Långvarig
- Medellång
- Kortvarig
- Momentan

Tabell 3. Lastvarighetsklasser (RIL,2017)

| Lastvaraktighetklass | Ackumulerad varaktighet | Exempel på belastning |
|----------------------|-------------------------|--|
| Permanent | >10 år | Egenvikt Permanent byggnaders fastsatta maskiner, apparatur och lätta mellanväggar Marktryck |
| Långvarig | 6 mån - 10 år | Last från lagrat gods Last från vattenbehållare |
| Medellång | 1 vecka - 6 mån | Snö Nyttolast på bjälklag |
| Kortvarig | < 1 vecka | Enstaka koncentrerad last på yttertak Last för installation |
| Momentan | | Vind Olyckslast |

2.1.22 Nyttolastens långvariga andel

Nyttolastens långvariga andel [%] som verkar på konstruktionstypen fylls i av användaren. Tillämpningen använder inte detta värde från början men ifall användaren önskar använda flera nyttolaster på samma gång kan detta fyllas i och läggas in i beräkningarna.

Tabell 4. Kombinationsfaktorer (RIL,2017)

| Last | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|--|----------|----------|----------|
| Nyttolaster i byggnader, klass (se SFS EN1991-1-1) | | | |
| Klass A: bostadsutrymmen | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Klass B: kontorsutrymmen | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Klass C: samlingsutrymmen | 0,7 | 0,7 | 0,3 |
| Klass D: affärsutrymmen | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Klass E: lagerutrymmen | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Klass F: trafikerade utrymmen, fordonsvikt ≤ 30 kN | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Klass G: trafikerade utrymmen, $30 \text{ kN} < \text{fordonsvikt} \leq 160$ kN | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Klass H: yttertak | 0 | 0 | 0 |
| Snölast (se SFS-EN1991-1-3) (*) när | | | |
| $S_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$ | 0,7 | 0,4 | 0,2 |
| $S_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$ | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Islast (**) | 0,7 | 0,3 | 0 |
| Vindlast på byggnader (se SFS-EN1991-1-1-4) | 0,6 | 0,2 | 0 |
| Byggnaders inre temperatur (ej brand) (se SFS-EN1991-1-5) | 0,6 | 0,5 | 0 |
| (*) På uteterrasser och balkonger $\psi_0 = 0$ i samband med klasserna A, B, F och G. OBS: Omdet i byggnaden finns olika lastklasser som inte kan separeras till egna klara grupper, används ψ -värden som ger mest ogynnsam inverkan. (**) Tillägg till Finlands nationella bilaga | | | |

Lista över orters karakteristisk snölast på markyta

Specificerat för Finlands kommuner enl. RIL 205-1-2017

Marie-Louise Linman

| Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] | Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] |
|------------|------------|-------------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------------|
| A | | | Hamina | Fredrikshamn | 2,75 |
| Akaa | Ackas | 2,30 | Hammarland | Hammarland | 2,00 |
| Alajärvi | Alajärvi | 2,50 | Hankasalmi | Hankasalmi | 2,50 |
| Alavieska | Alavieska | 2,00 | Hanko | Hangö | 2,50 |
| Alavus | Alavo | 2,50 | Harjavalta | Harjavalta | 2,00 |
| Asikkala | Asikkala | 2,50 | Hartola | Gustav Adolfs | 2,50 |
| Askola | Askola | 2,70 | Hattula | Hattula | 2,50 |
| Aura | Aura | 2,50 | Hausjärvi | Hausjärvi | 2,75 |
| B | | | Heinola | Heinola | 2,50 |
| Brändö | Brändö | 2,00 | Heinävesi | Heinävesi | 2,50 |
| E | | | Helsinki | Helsingfors | 2,75 |
| Eckerö | Eckerö | 2,00 | Hirvensalmi | Hirvensalmi | 2,50 |
| Enonkoski | Enonkoski | 2,50 | Hollola | Hollola | 2,75 |
| Enontekiö | Enotekis | 3,50 | Honkajoki | Honkajoki | 2,50 |
| Espoo | Esbo | 2,75 | Huittinen | Vittis | 2,00 |
| Eura | Eura | 2,10 | Humppila | Humppila | 2,25 |
| Eurajoki | Euraåminne | 2,00 | Hyrssynsalmi | Hyrssynsalmi | 3,50 |
| Evijärvi | Evijärvi | 2,20 | Hyvinkää | Hyvinge | 2,75 |
| F | | | Hämeenkoski | Hämeenkoski | 2,75 |
| Finström | Finström | 2,00 | Hämeenkyrö | Tavastkyro | 2,50 |
| Forssa | Forssa | 2,60 | Hämeenlinna | Tavastehus | 2,50 |
| Föglö | Föglö | 2,00 | I | | |
| G | | | Ii | Io | 2,80 |
| Geta | Geta | 2,00 | Iisalmi | Idensalmi | 2,60 |
| H | | | Iitti | Itis | 2,50 |
| Haapajärvi | Haapajärvi | 2,50 | Ikaalinen | Ikalis | 2,50 |
| Haapavesi | Haapavesi | 2,40 | Ilmajoki | Ilmajoki | 2,50 |
| Hailuoto | Karlö | 2,40 | Ilomantsi | Ilomants | 2,75 |
| Halsua | Halso | 2,40 | Imatra | Imatra | 2,75 |

| Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] | Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] |
|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------------|
| Inari | Enare | 3,00 | Kannus | Kannus | 2,10 |
| Inkoo | Ingå | 2,75 | Karjoki | Bötom | 2,50 |
| Isojoki | Storå | 2,50 | Karkkila | Högfors | 2,75 |
| Isokyrö | Storkyro | 2,30 | Karstula | Karstula | 2,50 |
| J | | | Karvia | Karvia | 2,50 |
| Jalasjärvi | Jalasjärvi | 2,50 | Kaskinen | Kaskö | 2,00 |
| Janakkala | Janakkala | 2,75 | Kauhajoki | Kauhajoki | 2,50 |
| Joensuu | Joensuu | 2,60 | Kauhava | Kauhava | 2,30 |
| Jokioinen | Jockis | 2,60 | Kauniainen | Grankulla | 2,75 |
| Jomala | Jomala | 2,00 | Kaustinen | Kaustby | 2,20 |
| Joroinen | Jorois | 2,50 | Keitele | Keitele | 2,50 |
| Joutsa | Joutsa | 2,50 | Kemi | Kemi | 3,00 |
| Juankoski | Juankoski | 2,65 | Kemijärvi | Kemijärvi | 3,00 |
| Juuka | Juga | 2,75 | Kemimaa | Kemimaa | 3,00 |
| Juupajoki | Juupajoki | 2,50 | Kemiönsaari | Kimitoön | 2,50 |
| Juva | Jockas | 2,50 | Kempele | Kempele | 2,25 |
| Jyväskylä | Jyväskylä | 2,50 | Kerava | Kervo | 2,75 |
| Jämijärvi | Jämijärvi | 2,50 | Keuruu | Keuru | 2,50 |
| Jämsä | Jämsä | 2,50 | Kihniö | Kihniö | 2,50 |
| Järvenpää | Träskända | 2,75 | Kinnula | Kinnula | 2,50 |
| K | | | Kirkkonummi | Kyrkslätt | 2,75 |
| Kaarina | S:t karins | 2,50 | Kitee | Kides | 2,75 |
| Kaavi | Kaavi | 2,65 | Kittilä | Kittilä | 3,00 |
| Kajaani | Kajana | 2,75 | Kiuruvesi | Kiuruvesi | 2,55 |
| Kalajoki | Kalajoki | 2,00 | Kivijärvi | Kivijärvi | 2,50 |
| Kangasala | Kangasala | 2,50 | Kodisjoki | Kodisjoki | 2,00 |
| Kangasniemi | Kangasniemi | 2,50 | Kokemäki | Kumo | 2,10 |
| Kankaanpää | Kankaanpää | 2,50 | Kokkola | Karleby | 2,00 |
| Kannonkoski | Kannonkoski | 2,50 | Kolari | Kolari | 3,00 |

| Kunta | Kommun | S_k [kN/m ²] | Kunta | Kommun | S_k [kN/m ²] |
|--------------------|---------------|----------------------------|---------------|-------------|----------------------------|
| Konnevesi | Konnevesi | 2,50 | Lapua | Lappo | 2,50 |
| Kontiolahti | Kontiolax | 2,75 | Laukaa | Laukas | 2,50 |
| Korsnäs | Korsnäs | 2,00 | Lemi | Klemis | 2,70 |
| Koski Tl | Koskis | 2,60 | Lemland | Lemland | 2,00 |
| Kotka | Kotka | 2,65 | Lempäälä | Lembois | 2,40 |
| Kouvola | Kouvola | 2,50 | Leppävirta | Leppävirta | 2,50 |
| Kristiinankaupunki | Kristinestad | 2,50 | Lestijärvi | Lestijärvi | 2,50 |
| Kruunupyö | Kronoby | 2,20 | Lieksa | Lieksa | 2,75 |
| Kuhmo | Kuhmo | 3,00 | Lieto | Lundo | 2,60 |
| Kuhmoinen | Kuhmois | 2,50 | Liminka | Limingo | 2,45 |
| Kumlinge | Kumlinge | 2,00 | Liperi | Libeltis | 2,55 |
| Kuopio | Kuopio | 2,50 | Lohja | Lojo | 2,75 |
| Kuortane | Kuortane | 2,50 | Loimaa | Loimaa | 2,65 |
| Kurikka | Kurikka | 2,50 | Loppi | Loppis | 2,75 |
| Kustavi | Gustavs | 2,10 | Loviisa | Lovisa | 2,50 |
| Kuusamo | Kuusamo | 3,50 | Luhanka | Luhango | 2,50 |
| Kyyjärvi | Kyyjärvi | 2,50 | Lumijoki | Lumijoki | 2,25 |
| Kärkölä | Kärkölä | 2,75 | Lumparland | Lumparland | 2,00 |
| Kärsämäki | Kärsämäki | 2,50 | Luoto | Larsmo | 2,00 |
| Kökar | Kökar | 2,00 | Luumäki | Luumäki | 2,75 |
| Köyliö | Köyliö | 2,00 | Luvia | Luvia | 2,00 |
| L | | | M | | |
| Lahti | Lahtis | 2,65 | Maalahti | Malax | 2,00 |
| Laihia | Laihela | 2,3 | Maarianhamnia | Mariehamn | 2,00 |
| Laitila | Letala | 2,2 | Marttila | S:t Mårtens | 2,60 |
| Lapinjärvi | Lappträsk | 2,5 | Masku | Masko | 2,30 |
| Lapinlahti | Lapinlax | 2,6 | Merijärvi | Merijärvi | 2,00 |
| Lappajärvi | Lappajärvi | 2,4 | Merikarvia | Sastmola | 2,40 |
| Lappeenranta | Villmanstrand | 2,75 | Miehikkälä | Miehikkälä | 2,75 |

| Kunta | Kommun | S _k [kN/m²] | Kunta | Kommun | S _k [kN/m²] |
|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| Mikkeli | S:t Michel | 2,50 | Padasjoki | Padasjoki | 2,50 |
| Muhos | Muhos | 2,50 | Paimio | Pemar | 2,60 |
| Multia | Moldia | 2,50 | Paltamo | Paldamo | 3,30 |
| Muonio | Muonio | 3,00 | Parainen | Pargas | 2,50 |
| Mustasaari | Korsholm | 2,00 | Parikkala | Parikkala | 2,75 |
| Muurame | Muurame | 2,50 | Parkano | Parkano | 2,50 |
| Mynämäki | Virmo | 2,30 | Pedesören kunta | Pedersöre | 2,10 |
| Myrskylä | Mörskom | 2,65 | Pelkosenniemi | Pelkosenniemi | 2,90 |
| Mäntsälä | Mäntsälä | 2,75 | Pello | Pello | 3,00 |
| Mänttä-Vilppula | Mänttä-Filppula | 2,50 | Perho | Perho | 2,50 |
| Mäntyharju | Mäntyharju | 2,50 | Pertunmaa | Pertunmaa | 2,50 |
| N | | | Petäjävesi | Petäjävesi | 2,50 |
| Naantali | Nådendal | 2,50 | Pieksamäki | Pieksamäki | 2,50 |
| Nakkila | Nakkila | 2,00 | Pielavesi | Pielavesi | 2,50 |
| Nastola | Nastola | 2,65 | Pietarsaari | Jakobstad | 2,00 |
| Nivala | Nivala | 2,35 | Pihtipudas | Pihtipudas | 2,50 |
| Nokia | Nokia | 2,45 | Pirkkala | Birkala | 2,40 |
| Nousiainen | Nousis | 2,30 | Polvijärvi | Polvijärvi | 2,75 |
| Nurmes | Nurmes | 3,00 | Pomarkku | Påmark | 2,40 |
| Nurmijärvi | Nurmijärvi | 2,75 | Pori | Björneborg | 2,00 |
| Närpiö | Närpes | 2,10 | Pornainen | Borgnäs | 2,75 |
| O | | | Porvoo | Borgå | 2,65 |
| Orimattila | Orimattila | 2,75 | Posio | Posio | 3,50 |
| Oripää | Oripää | 2,20 | Pudasjärvi | Pudasjärvi | 3,50 |
| Orivesi | Orivesi | 2,50 | Pukkila | Pukkila | 2,75 |
| Oulainen | Oulais | 2,15 | Punkalaidun | Pungalaito | 2,10 |
| Oulu | Uleåborg | 2,45 | Puolanka | Puolango | 3,50 |
| Outokumpu | Outokumpu | 2,60 | Puumala | Puumala | 2,50 |
| P | | | Pyhtää | Pyttis | 2,50 |

| Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] | Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] |
|------------|------------|-------------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
| Pyhäjoki | Pyhäjoki | 2,05 | Sastamala | Sastamala | 2,50 |
| Pyhäjärvi | Pyhäjärvi | 2,50 | Sauvo | Sagu | 2,60 |
| Pyhäntä | Pyhäntä | 2,75 | Savitaipale | Savitaipale | 2,65 |
| Pyhäranta | Pyhäranta | 2,10 | Savolinna | Nyslott | 2,50 |
| Päikäne | Päikäne | 2,50 | Savonranta | Savonranta | 2,50 |
| Pöytyä | Pöytis | 2,50 | Savukoski | Savukoski | 3,00 |
| R | | | Seinäjoki | Seinäjoki | 2,50 |
| Raahe | Brahestad | 2,10 | Sievi | Sievi | 2,35 |
| Raasepori | Raseborg | 2,75 | Siikainen | Siikais | 2,50 |
| Raisio | Reso | 2,50 | Siikajoki | Siikajoki | 2,25 |
| Rantasalmi | Rantasalmi | 2,50 | Siikalatva | Siikalatva | 2,50 |
| Rauna | Rauna | 3,20 | Siilinjärvi | Siilinjärvi | 2,50 |
| Rauma | Raumo | 2,00 | Simo | Simo | 3,00 |
| Rautalampi | Rautalampi | 2,50 | Sipoo | Sibbo | 2,75 |
| Rautavaara | Rautavaara | 3,00 | Siuntio | Sjundeå | 2,75 |
| Rautjärvi | Rautjärvi | 2,75 | Sodankylä | Sodankylä | 3,00 |
| Reisjärvi | Reisjärvi | 2,50 | Soini | Soini | 2,50 |
| Riihimäki | Riihimäki | 2,75 | Somero | Somero | 2,75 |
| Ristijärvi | Ristijärvi | 3,50 | Sonkajärvi | Sonkajärvi | 3,00 |
| Rovaniemi | Rovaniemi | 3,00 | Sotkamo | Sotkamo | 3,40 |
| Ruokolahti | Ruokolax | 2,75 | Sottunga | Sottunga | 2,00 |
| Rouvesi | Rouvesi | 2,50 | Sulkava | Sulkava | 2,50 |
| Rusko | Rusko | 2,50 | Sund | Sund | 2,00 |
| Rääkkylä | Bräkylä | 2,60 | Suomussalmi | Suomussalmi | 3,50 |
| S | | | Suonenjoki | Suonenjoki | 2,50 |
| Saarijärvi | Saarijärvi | 2,50 | Sysmä | Sysmä | 2,50 |
| Salla | Salla | 3,00 | Säkylä | Säkylä | 2,10 |
| Salo | Salo | 2,70 | T | | |
| Saltvik | Saltvik | 2,00 | Taipalasaari | Taipalasaari | 2,70 |

| Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] | Kunta | Kommun | S _k [kN/m ²] |
|--------------|-------------|-------------------------------------|------------|------------|-------------------------------------|
| Taivalkoski | Taivalkoski | 3,50 | Varkaus | Varkaus | 2,50 |
| Taivassalo | Tövsala | 2,20 | Vehmaa | Vemo | 2,20 |
| Tammela | Tammela | 2,75 | Vesanto | Vesanto | 2,50 |
| Tampere | Tammerfors | 2,50 | Vesilahti | Vesilax | 2,30 |
| Tervo | Tervo | 2,50 | Veteli | Vetil | 2,30 |
| Tervola | Tervola | 3,00 | Vieremä | Vieremä | 2,85 |
| Teuva | Östermark | 2,50 | Vihti | Vichtis | 2,75 |
| Tohmajärvi | Tohmajärvi | 2,75 | Viitasaari | Viitasaari | 2,50 |
| Toholampi | Toholampi | 2,25 | Vimpeli | Vindala | 2,45 |
| Toivakka | Toivakka | 2,50 | Virolahti | Vederlax | 2,75 |
| Tornio | Torneå | 3,00 | Virrat | Vindois | 2,50 |
| Turku | Åbo | 2,50 | Vårdö | Vårdö | 2,00 |
| Tuusniemi | Tuusniemi | 2,50 | Vöyri | Vörå | 2,10 |
| Tuusula | Tusby | 2,75 | Y | | |
| Tyrnävä | | 2,40 | Ylitornio | Övertorneå | 3,00 |
| U | | | Ylivieska | Ylivieska | 2,15 |
| Ulvila | Ulvby | 3,00 | Ylöjärvi | Ylöjärvi | 2,50 |
| Urdjala | Urdjala | 2,40 | Ypäjä | Ypäjä | 2,60 |
| Utajärvi | Utajärvi | 2,85 | Ä | | |
| Utsjoki | Utsjoki | 2,50 | Ähtäri | Etseri | 2,50 |
| Uurainen | Urais | 2,50 | Äänekoski | Äänekoski | 2,50 |
| Uusikarlepyy | Nykarleby | 2,00 | | | |
| Uusikaupunki | Nystad | 2,10 | | | |
| V | | | | | |
| Vaala | Vaala | 2,75 | | | |
| Vaasa | Vasa | 2,00 | | | |
| Valeakoski | Valeakoski | 2,40 | | | |
| Valtimo | Valtimo | 3,00 | | | |
| Vantaa | Vanda | 2,75 | | | |